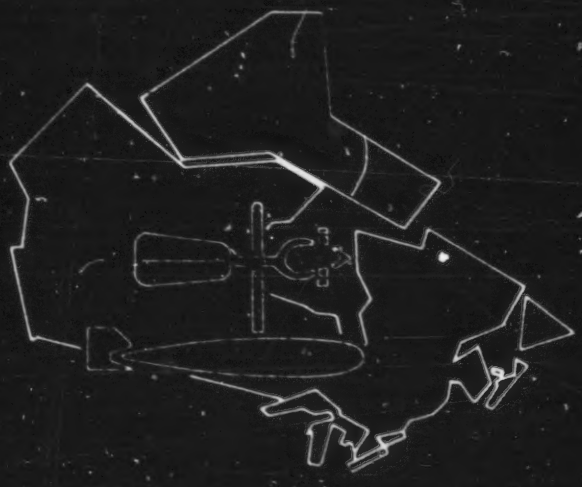
c.3

Environment Canada | Environnement Canada

Hydrometric Field Manual — Levelling



INLAND WATERS DIRECTORATE
WATER RESOURCES BRANCH
OTTAWA CANADA 1984

(Disponible en français sur demande)

Canada

Environment Canada Environnement Canada

Hydrometric Field Manual — Levelling

INLAND WATERS DIRECTORATE
WATER RESOURCES BRANCH
OTTAWA, CANADA, 1984

(Disponible en français sur demande)

Contents

	Page
FOREWORD	v
ABSTRACT	vii
RÉSUMÉ	vii
DEFINITIONS AND ABBREVIATIONS	ix
INTRODUCTION	1
GAUGE DATUM AND ZERO FLOW	1
Level checks	2
Continuity of gauge datum	2
BENCH MARKS	3
Description	3
Serial Number	3
Types of Bench Mark	4
LEVELLING INSTRUMENTS	5
Accuracy	5
Levelling Errors	5
Levelling Precision	6
Level Notes	8
GAUGE CHECKS	9
Procedure	9
BIBLIOGRAPHY	13
APPENDIX 1. TWO PEG TEST	14

Illustrations

Figure 1.	A sketch illustrating definitions of gauge datum, zero flow, gauge height and gauge reading	1
Figure 2.	A sketch showing a comparison between a staff gauge and a wire-weight or tape gauge	2
Figure 3.	A sketch of a standard WSC bench mark	3
Figure 4.	Shows the use of a bench mark mounted in a vertical plane	4
Figure 5.	Shows the bench mark top being used with a bench mark chisel	4

Illustrations (cont.)

Page

Figure 6. Sample level notes (levelling between bench marks). . . . 9

Figure 7. Gauge corrections and how they are derived. 10

Figure 8. Sample level notes (level check of wire-weight gauge) . . 11

Figure 9. Illustration of corrections to wire-weight gauges 11

Figure 10. Sample level notes (level check of staff gauge) 12

Figure 11. Illustration of corrections to staff gauges 12

Figure 12. A sketch illustrating the principle of the two peg test . 14

Foreword

The *Hydrometric Field Manual* was prepared to assist Water Survey of Canada personnel in the collection of hydrometric data that meet national standards. During use of the manual the need for revisions or additions will become apparent. Suggestions for changes are welcome and will be given careful consideration.

This section of the manual was compiled and edited by R.A. Terzi. The contributions of many individuals and organizations are gratefully acknowledged.

Abstract

The main purpose of this publication is to document the levelling procedures that should be used at Water Survey of Canada gauging stations. The only deviation from current practise is the implementation of a uniform bench mark numbering system so that each Water Survey of Canada bench mark will have a unique number.

Procedures to be used in levelling at tide gauging stations are not covered in this publication. For those procedures the reader should refer to the Hydrographic Tidal Manual, 1970, prepared by Tides, Currents and Water Levels, Ottawa.

Résumé

Le but essentiel de cette publication est d'expliquer les méthodes de nivellement à utiliser dans les stations de la Division des relevés hydrologiques du Canada. Le seul écart à la pratique normale est la mise en oeuvre d'un système de numérotation uniforme visant à affecter chaque repère de nivellement de la Division des relevés hydrologiques du Canada d'un numéro unique.

Cette publication ne traite pas des méthodes de nivellement à utiliser dans les stations marégraphiques. Pour ces méthodes, le lecteur doit se reporter à *Hydrographic Tidal Manual, 1970*, des Marées, courants et niveaux de l'eau, Ottawa.

Definitions and Abbreviations

Backsight (B.S.) - a sight taken with a level to a bench mark or point of known elevation.

Bench Mark (B.M.) - a permanent, fixed reference point for which the elevation is known. Bench marks can be used as turning points.

Foresight (F.S.) - a sight taken with a level to a bench mark or point for which an elevation is to be determined.

Gauge correction - any correction that must be applied to the gauge observation or gauge reading to obtain the correct gauge height.

Gauge datum - the permanent horizontal plane to which gauge heights are referred. This plane may in turn be referred to a standard datum, such as a Geodetic Survey of Canada bench mark, or to a bench mark with an assumed elevation.

Gauge height - the height of the water surface above the "Gauge datum"; it is used interchangeably with the terms "stage" and "water level".

Gauge observation or Gauge reading - an actual notation of the height of the water surface as indicated by a gauge, it is the same as a "Gauge height" only when the 0.000 m mark of the gauge is set at the "Gauge datum".

Gauging station - a location where systematic records of stage, or stage and discharge are obtained. This is also referred to as a "Hydrometric station".

Height of Instrument (H.I.) - the elevation of the line of sight through the telescope when the instrument has been levelled.

Level Check - the procedure followed to determine the movement of a gauge with respect to the gauge datum.

Turning Point (T.P.) - a fixed point, on which firstly a foresight rod reading and then a backsight rod reading is taken. Turning points are generally temporary in nature.

Field Manual – Levelling Section

INTRODUCTION

The function of a gauge on a river, stream or lake is to provide a means by which reliable and accurate water level data can be obtained for all stages and conditions. Instability of a gauge, lack of a permanent gauge datum or unstable bench marks all contribute to unreliable or inaccurate records. Although some of these problems can be overcome by careful and proper location of gauges and bench marks, a program of periodic level checks must be carried out at each gauging station to ensure that gauge installations and bench marks remain reliable.

GAUGE DATUM AND ZERO FLOW

To obtain accurate and reliable stage data, the station gauge and bench marks must be referred to a fixed datum, which is normally an arbitrarily selected plane. This plane to which all stage records are referred is called the gauge datum (Fig. 1). It should be chosen so as to be lower than the elevation at which zero flow is ever likely to occur and yet allow for the convenience of recording relatively low gauge heights. By ensuring that the gauge datum is located at a point sufficiently below the elevation at which zero flow occurs, the awkward and often confusing situation of recording negative stage data is avoided. It must also be kept in mind that the gauge should be low enough to allow for positive stage data to be recorded in the event of unusual occurrences, such as extreme low flows or flow in scoured channels.

It is recognized that there will be the occasional occurrence where, after a station has been in operation for some time, the channel configuration is altered to the extent that the point of zero flow is well below that of the existing datum of the gauge. When this happens, it will be necessary to lower the datum to accommodate the new channel configuration. The elevation of the bench mark must be expressed in metres

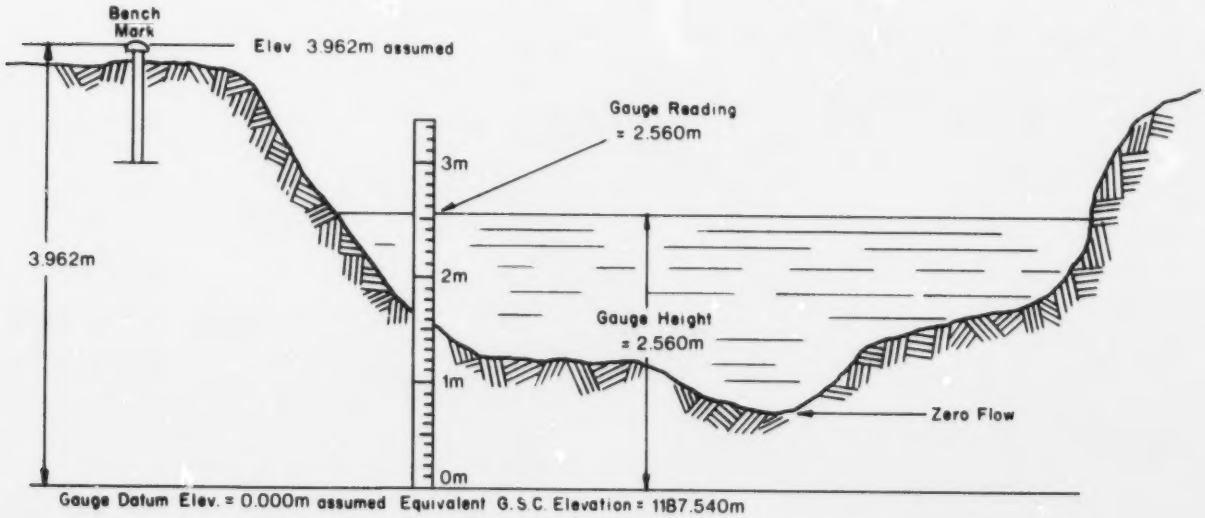


Figure 1. A sketch illustrating definitions of gauge datum, zero flow, gauge height and gauge reading.

above the gauge datum, the gauge datum in all cases must be at 0.000 m assumed, and the gauge set to read directly in metres above gauge datum (Fig. 1).

In most locations, it will not be practical, nor indeed possible, to install a staff gauge with the zero of the gauge at gauge datum. In cases such as this, the usable portion of the gauge must be numbered in such a way that if it becomes necessary to extend the gauge downward, the zero of the gauge will be at the gauge datum. This is illustrated in Figure 2.

LEVEL CHECKS to determine the elevation of zero flow are important for streams which may run dry or where an artificial or well-defined natural control exists. By this method it is possible to accurately define the lower end of a stage-discharge curve. This is often difficult to obtain by discharge measurement alone, especially with a natural control where aquatic weed growth is prevalent during conditions of low flow.

Gauges are subjected to many extreme conditions and are often displaced or even destroyed by the action of frost and ice. Stream bank instability, stream bed erosion and in some cases vandalism have all at one time or other been reasons for lost stage data. To help ensure that stage records remain reliable, the datum of a gauge must occasionally be checked against the bench marks to which it was originally referred. The frequency of this operation is largely determined by the conditions to which the gauge is subjected, and under normal conditions may require checking only two or three times during a season or as otherwise directed. However, for a gauge with a history of instability, a level check during each visit to the station is quite in order.

CONTINUITY OF GAUGE DATUM at a gauging station is a very important part of data collection and every reasonable effort should be made to maintain it throughout the entire period of record. This has been pointed out most often when reviewing and evaluating past and present discharge data for a reactivated gauging station. Since stage data form the basis of the relationship of stage to discharge, perpetuity of

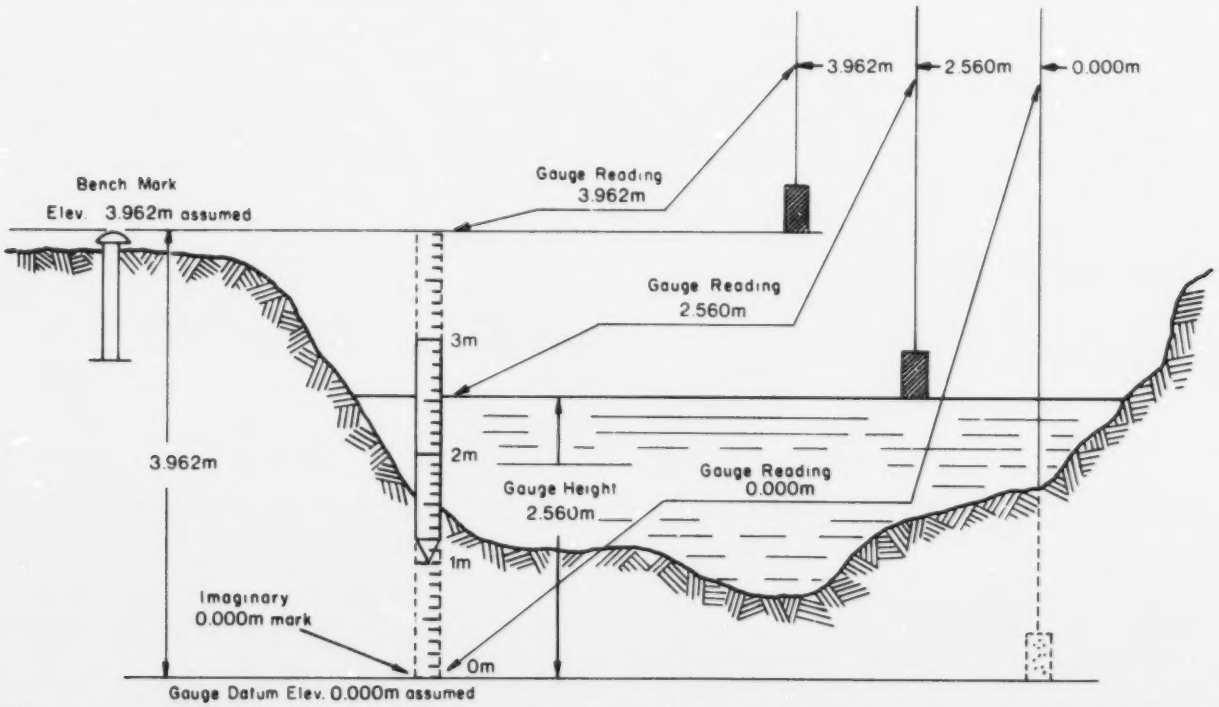


Figure 2. A sketch showing a comparison between a staff gauge and a wire-weight or tape gauge. Gauge reading or *gauge observation* is the same as gauge height *only* when the correction to the gauge is 0.000 m).

gauge datum greatly enhances the value of hydrometric data for numerous hydrologic and engineering studies. To ensure its continuity, a selected gauge datum must be referred to at least two and preferably three stable bench marks which are associated with the gauging station but which are independent of each other and independent of the gauge or gauging structure. It is also desirable that all bench marks be referred to a datum common to the locality, and if possible, to a datum common to all the other gauges in a drainage basin. For example, where P.F.R.A. datum is used extensively throughout a region, it would be very useful to have stage data referred to this datum. Among other things, this provides users of hydrometric data with the average slope of the water surface between successive gauging stations in a watershed.

The following is an alphabetical listing of datum planes used by the Water Survey:

Alberta Department of Highways
Assumed
Canada Land and Irrigation Co.
Canadian National Railways
Canadian Pacific Railway
Geodetic Survey of Canada
Geodetic Survey of Canada (old)
International Great Lakes
Lake of the Woods
LNID East
Prairie Farm Rehabilitation Administration
Reclamation Service of Canada
Sand Heads
Saskatchewan Conservation & Development Branch
Topographic Survey
United States and Canada Boundary Service
United States Reclamation Service

BENCH MARKS

As previously mentioned, each new gauging station should normally have three independent bench marks associated with it. This is primarily to ensure the continuity of local datum in the event that one or two of the bench marks are disturbed or destroyed. It should be further pointed out that for good control the bench marks must be spread apart, preferably above the flood plane, and well away from the river bank. They should not be located in a cluster in the immediate vicinity of the gauge. The establishment of three bench marks does not necessarily mean that levelling must be carried out between all of them during every level check of the gauge. They should however, be checked at least twice a year to confirm their relative stability. If a change in elevation between the gauge and one bench mark is found, it is most important that the gauge be checked against at least one of the other bench marks to ensure that the error is indeed with the gauge and not with the bench mark. Corrugated steel bars driven into the ground to the point of refusal or iron pipes with base plates have both been found to be fairly stable types of bench marks.

DESCRIPTION In the past, the importance of each bench mark having a positive and unique description has not been stressed enough. An identification number controlled and recorded by each Regional Office must be assigned to every bench mark established by the Water Survey. This number is to be placed on the crowned surface of the bench mark top beneath the longer limb of the cross (Fig. 3). The identifier, which is stamped using a set of letter and number dies, provides a means of easy identification so that pertinent information can be made readily available when required.

The SERIAL NUMBER indicates, by the first one or two letters, the province or territory

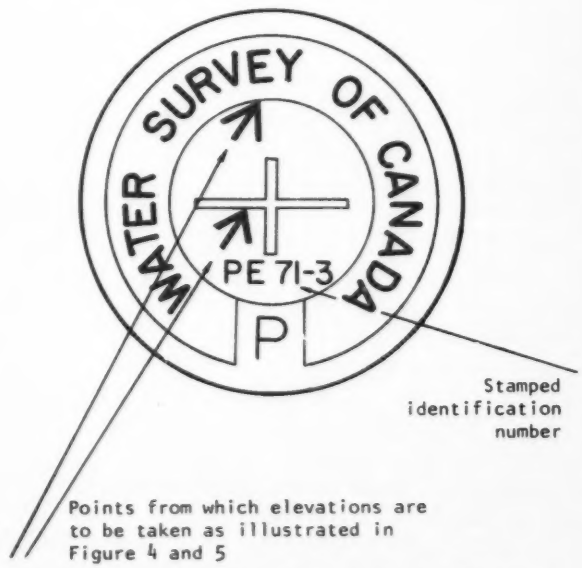


Figure 3. A sketch of a standard WSC bench mark illustrating the style and location of bench mark identifiers.

in which the bench mark is located, the following two digits the year in which it was established, and the remaining number denotes the numerical sequence in which the identification is assigned in a particular calendar year.

The assigning and control of bench mark serial numbers are the responsibility of Regional Office staff. The abbreviations to be used for the provinces and territories are as follows:

BC - British Columbia	NS - Nova Scotia
A - Alberta	PE - Prince Edward Island
S - Saskatchewan	N - Newfoundland
M - Manitoba	YT - Yukon Territory
O - Ontario	NT - Northwest Territory
Q - Quebec	
NB - New Brunswick	

TYPES OF BENCH MARK The two styles of bench mark presently used by the Water Survey have identical top surfaces and differ only in the manner in which they are mounted. One is a plug which can be mounted vertically or horizontally in a rock or concrete surface; the other is a cap which is meant to be attached either to a pipe or an iron bar sunk into the ground. The letter P or C (for plug or cap) is stamped into the flat surface of the flange to differentiate between the two. The centre section of the top is raised 6 mm above the surrounding flange and has a slightly crowned surface. Two grooves which form the short vertical and longer horizontal limb are cut into the surface (Fig. 3). When a plug style top is mounted on a vertical surface, the raised centre section protrudes far enough to allow a level rod to be placed on the edge of the crown as shown in Figure 4.

Should the top be mounted under a ledge so that the edge of the crown is not accessible, it can be used with a bench mark chisel placed in the groove of the horizontal limb and the level rod held on the bench mark chisel or a knife blade as in Figure 5. If it is intended that the first approach be used, neither cross limb should be in the horizontal position (Fig. 4). In either case, it is most essential that an arrow be stamped on the crowned surface to indicate the point to which the elevation applies.

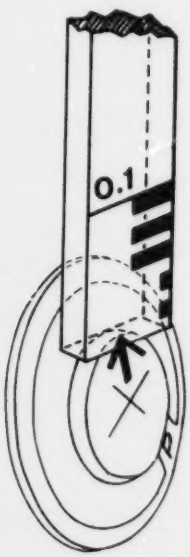


Figure 4. Shows the use of a bench mark mounted in a vertical plane. An arrow cut into the surface with an ordinary cold chisel, shows that the levelling rod must be placed on the edge of the raised centre section.

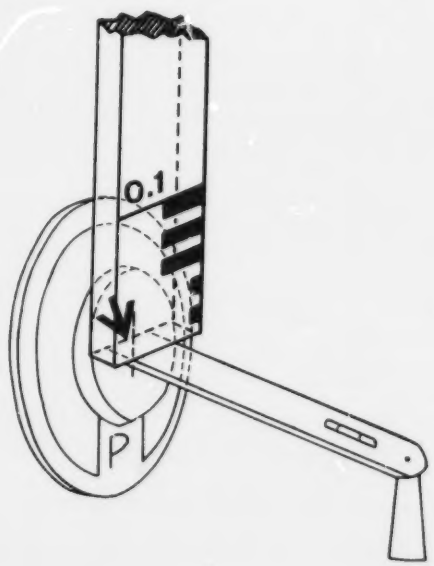
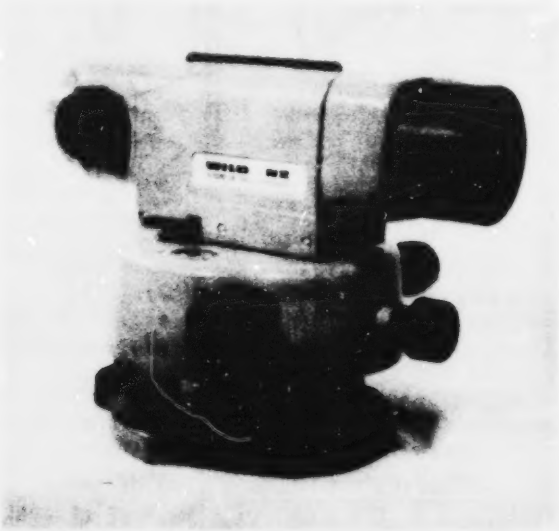


Figure 5. Shows the bench mark top being used with a bench mark chisel. Here the arrow chiselled into the crown points to the long horizontal groove where the bench mark chisel must be placed.

LEVELLING INSTRUMENTS

ACCURACY When levelling, the accuracy of the work depends upon two major factors: the quality and precision of the instrument used; and the skill and care exercised by the surveyor. For normal hydrometric work, any good quality engineer's level such as the Wild N2 can be used to obtain the required degree of accuracy as long as the instrument is maintained in proper adjustment. It is strongly recommended that a test be carried out by a field man to check the accuracy of any level assigned to him. Repeat tests should be conducted prior to the spring series of level checks, and after any accidental rough usage. The two-peg test is one which is perhaps most commonly known and used. This procedure, which normally takes about two and one-half hours to complete, is described in Appendix 1.



Wild N2 Level

A particular feature with the Wild N2 level is that it can readily be checked for collimation from one instrument station. First the instrument must be sighted on a fixed point. Then by depressing the telescope locking pin, the telescope and tubular level can be rotated 180 degrees about the longitudinal axis of the instrument. When the level is in adjustment, the readings obtained from the two positions will be the same. If the level is out of adjustment, the mean of the two readings will give the correct horizontal sight. This test is described more fully in the instruction booklet provided with each instrument and, since it is so easy to conduct, it is recommended that it be carried out each time the level is used.

LEVELLING ERRORS The other important factor upon which the accuracy of levelling is dependent is the skill and care exercised by the field man. Mistakes are not considered in the following list since they are due mainly to miscalculation, carelessness or poor judgement and can be detected and eliminated by checking all work. The field man must, however, be aware of potential problems which will produce errors in levelling and of the steps necessary to limit them. The following is a list to which some levelling errors can be attributed.

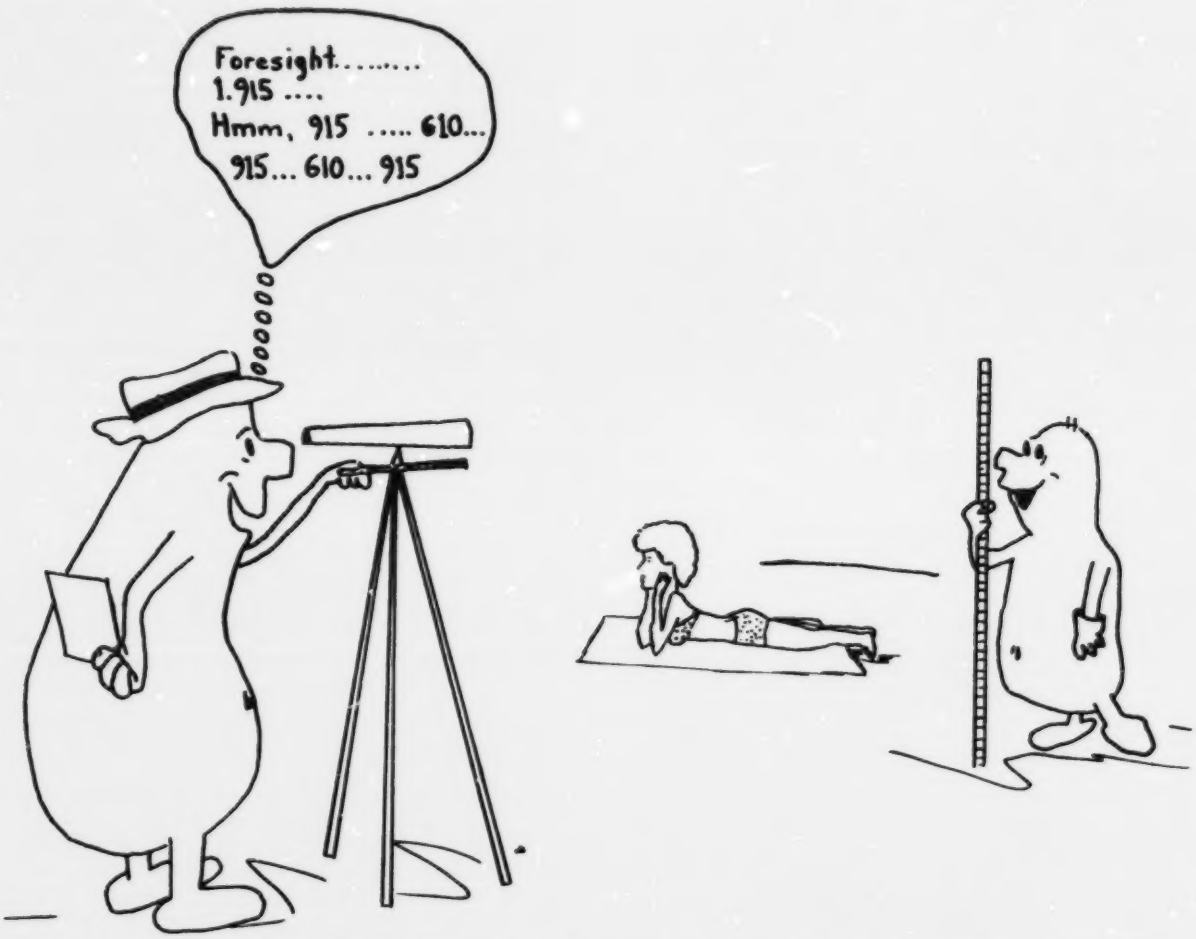
1. Improper Adjustment of Instrument - This condition occurs when the line of sight is not parallel to the axis of the level tube. This error can be minimized by careful adjustment of the instrument and by balancing backsight and foresight distances.

2. Parallax - The eyepiece of the telescope must be adjusted until the cross-hairs appear sharp and distinct. The objective lens is then focused on a target. If there is an apparent movement of the cross-hairs on the target with a corresponding slight movement of the observer's eye, the condition of parallax exists. This condition can be reduced to a negligible quantity by careful focusing of both the eyepiece on the objective lens.

3. Inaccurate Reading of Rod - This form of error can be greatly reduced by using shorter sights and by checking each reading before recording it.

4. Rod Not Plumb - A rod level can be used or the rod can be waved to eliminate this sort of error, assuming that when the rod is tipped backward it still rests on the front edge of its base.

5. Improper Turning Points - Turning points which are not both well defined and stable, are a potential source of error. If reasonable care is exercised



With adequate foresight, the resourceful field man should be able to size up all situations.

when selecting turning points so that they are both solid and have rounded tops, this error source can be kept to a minimum.

6. Level Bubble Not Centred - If this condition exists at the time of sighting, the magnitude of the error will vary as the distance between the instrument and the rod. It follows therefore, that the greater the distance to be sighted, the greater the care that should be exercised when levelling the instrument.

7. Settlement of Instrument Tripod - Some settlement of the level tripod is likely to occur when levelling over soft, muddy or thawing ground. At times such as this, backsight and foresight observation should be made in quick succession in order to minimize any effect from the instrument settling.

LEVELLING PRECISION A line of levels that ends at the point of origin or at another previously established bench mark, is referred to as a level circuit. When a long circuit is completed, the elevation computed from the level notes will rarely agree with the initial or given elevation of the point. This difference in elevation is called the error of closure and can be attributed to the conditions previously described.

Experience has shown that these errors will vary as the square root of the number of instrument set-ups. Assuming that the number of set-ups per kilometre is uniform throughout the circuit, the error will thus vary as the square root of the circuit distance which is usually expressed in kilometres.

The conscientious field man employs only the most scientific methods to keep his equipment in top shape.

When techniques of levelling are such that the distance of sighting is no greater than 90 metres in length; foresights and backsights are balanced approximately; the levelling rod is waved for large rod readings; turning points are on well-defined, solid objects; the level bubble is carefully centred before each sight; the level tripod is set on firm ground, then the maximum error of closure should in fact be no greater than $\pm 0.010\sqrt{\text{dist. in kilometres}}$. Normally the error will be substantially less. Except in other than ordinary cases, this same criteria can be used when determining whether or not to apply correction to gauges and bench marks, and the following can be used as a general guide:

Length of Run	Correction Applied When Difference in Elevation is
1 kilometre	0.010 metre or greater
500 metres	0.006 metre or greater
300 metres	0.003 metre or greater

"For short levelling circuits involving 3 or less set-ups the maximum closure allowable will be 0.003 m. Should the closure exceed 0.003 m it is wiser to re-do the circuit rather than distribute the error of closure."

Normally, rod readings to 0.002 metre are sufficient. Readings to 0.001 metre imply a degree of accuracy which does not ordinarily exist and is generally inconsistent with the sensitivity of the equipment used to gather stage data.

A correction of 0.002 metre would usually not be applied to a gauge in other than exceptional cases such as where sensitive artificial controls are used and stage data are recorded to greater than 0.002 metre accuracy. However, as a general rule, in cases where numerous consecutive observations have shown the same change of 0.002 metre in elevation, and it can be assumed with some certainty that the elevation of the gauge has changed, the correction can be eliminated by resetting the gauge.

Another aspect which has a great bearing on levelling accuracy and is often overlooked, is the quality and condition of levelling rods that are used.

The conscientious field man should always remember that under no circumstances should field work be hurried.

Levelling rods must be checked for accuracy upon receipt and it is further recommended that rods used for any major levelling project be calibrated. When not in use, a rod should be stored in a case, preferably a solid one, so as to prevent accidental scratching of the printed surface or damage to the socket ends. An untreated wooden rod should not continually be placed in water as this will cause the wood to swell and the painted surface will soon become checked and flake off, thereby limiting the useful life of the rod.

LEVEL NOTES During routine level checks of gauges and normal line or differential levelling between bench marks, (with backsights and foresights balanced approximately) the format for recording level notes is shown by Figure 6. The level sheet portion of the current meter note 'form R-21A(M)' is divided into columns for recording observations and computing elevations. The lower part of the level sheet or an additional sheet is used for recording the necessary descriptive notes which must accompany the observation data sheet.

When recording notes, the elevation of the bench mark or reference mark is entered on the top line in the column headed "Elevation". The bench mark identification number is entered in the space to the right along with any additional descriptive information required. Should it be necessary, an additional description sheet can be attached to the notes. On the same line in the column headed "Station", (location of rod) the notation BM is entered. In the next space still on the same line, the reading obtained with the levelling rod held on the bench mark or point of known elevation is entered as the backsight (B.S.). The value for the next space, under heading H.I. (height of instrument) is computed by adding the B.S. value to the known elevation. The next column under F.S. (foresight), only one line down, the foresight reading or point for which an elevation is to be determined is observed and recorded. This value is then subtracted from the H.I. and the result is the elevation of the foresight point, or first turning point (T.P.1). This is entered in the space to the right, in the Elevation column on the same line as the foresight just observed. The observations and notes are continued in the manner just described until the circuit is closed.

Level notes may be recorded in a note book or on any sheet of paper, as long as the above method is applied. Using this format of note-keeping, the information on

each horizontal line pertains to the bench mark or turning point noted in the Station column. A typical set of notes for levelling between two bench marks should be recorded as illustrated in Figure 6.

When completing a long line of levels to refer a Water Survey bench mark to another datum, it is often an advantage to use the same turning points for the return portion of the circuit as were used for the forward run. Large sources of error can be quite readily detected by this method, thus saving a great deal of time and effort re-levelling the entire circuit.

GAUGE CHECKS

PROCEDURE When running levels to check for movement of a gauge, the circuit must be closed in all cases. Even where the situation involves one set-up between

INLAND WATERS BRANCH-WATER SURVEY OF CANADA

LEVEL NOTES

Stream MUDDY RIVER

Locality AT NEW GAUGING STATION

Party A. BOSS C. DOER Date AUG. 1, 1972

Station	B. S.	Ht. Inst.	F. S.	Elevation	Remarks
LEVELS BETWEEN WRB BENCH MARKS S70-4 & S70-6					
BM	1.113	7.514		6.401	S70-4 BM 3.60m
TP_1	2.408	8.093	1.829	5.685	S.E. of R abutment
TP_2	3.139	10.244	0.988	7.105	
TP_3	2.822	12.426	0.640	9.604	
TP_4	3.484	14.938	0.972	11.454	
BM	0.686	14.920	0.704	14.234	S70-6 B.M. est. on R bank 150m downstr. from bridge
TP_5	0.948	12.140	3.728	11.192	
TP_6	1.247	11.345	2.042	10.098	
TP_7	0.731	9.927	2.149	9.196	
BM			3.520	6.407	S70-4
ΣBS=	16.578	ΣF.S.=	16.572	6.401	
	16.572				
Diff.=	0.006			= 0.006	acceptable closing error

No. 1 of 2 Sheets Comp. by A. BOSS Chk. by C. DOER

Figure 6. Sample level notes (levelling between bench marks).

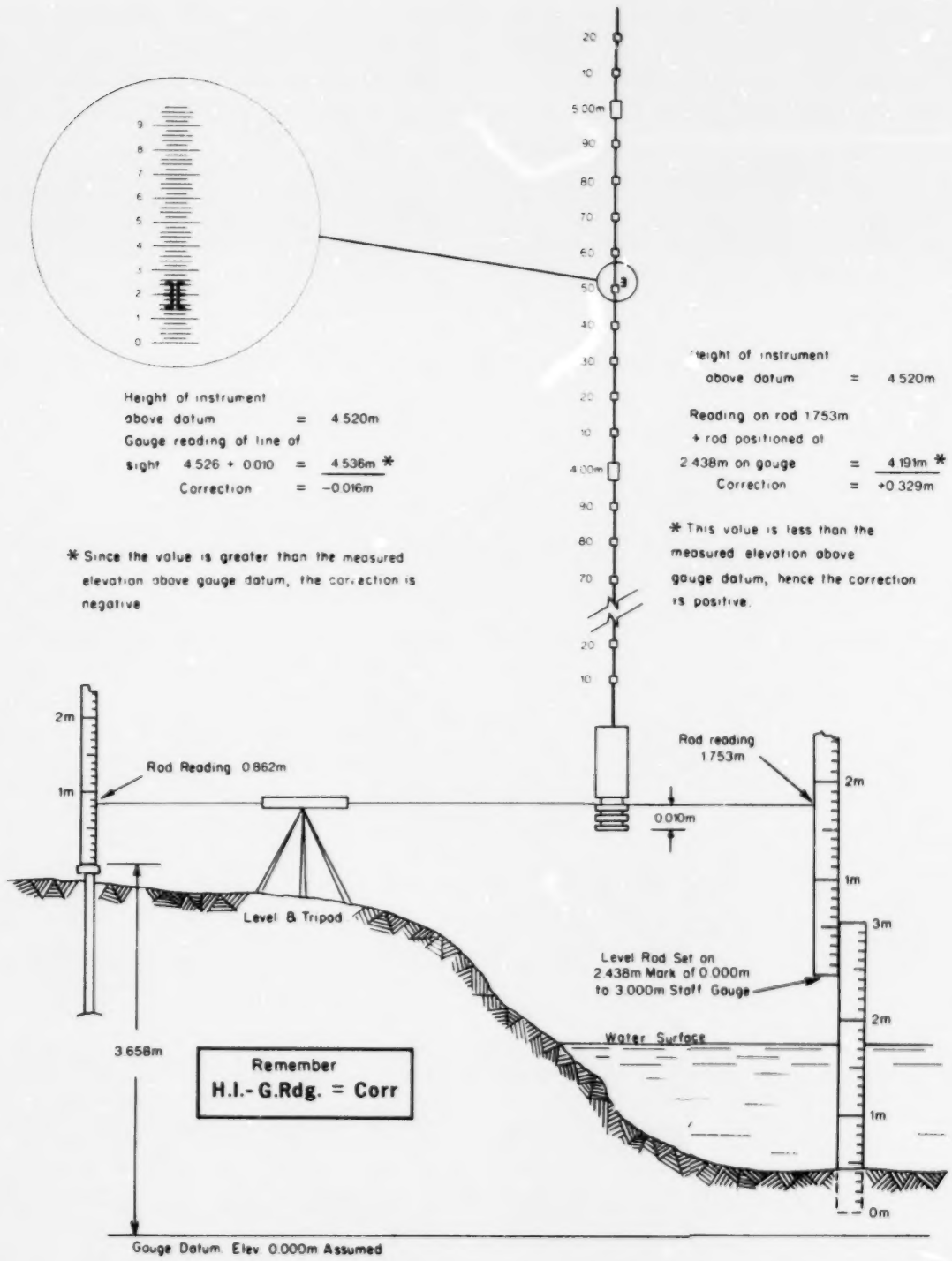


Figure 7. Gauge corrections and how they are derived.

LEVEL NOTES at

STATION	B.S.	HT. INST.	F.S.	ELEVATION	
BM	0.152	14.782		14.630	A70-2, BM on R. bank
TP_1	0.305	11.887	3.200	11.582	3m W. of Br. abut
TP_2	0.152	8.381	3.658	8.229	
W.W.G.			0.012		sight on grooves of weight
			8.376		W.W.G. reading
			8.388	−0.007	Corr. to W.W.G.
W.W.G.	0.043				sight on weight after changing inst. setup
	8.376				W.W.G. reading
	8.419	8.412			
TP_3	3.810	11.734	0.488	7.924	
TP_4	3.566	14.995	0.305	11.429	
			0.363	14.632	A70-2
Σ	16.404		16.402		
			16.404		

SKETCHES Diff = 0.002 acceptable closing error

use correction of −0.007m

Figure 8. Sample level notes (level check of wire-weight gauge).

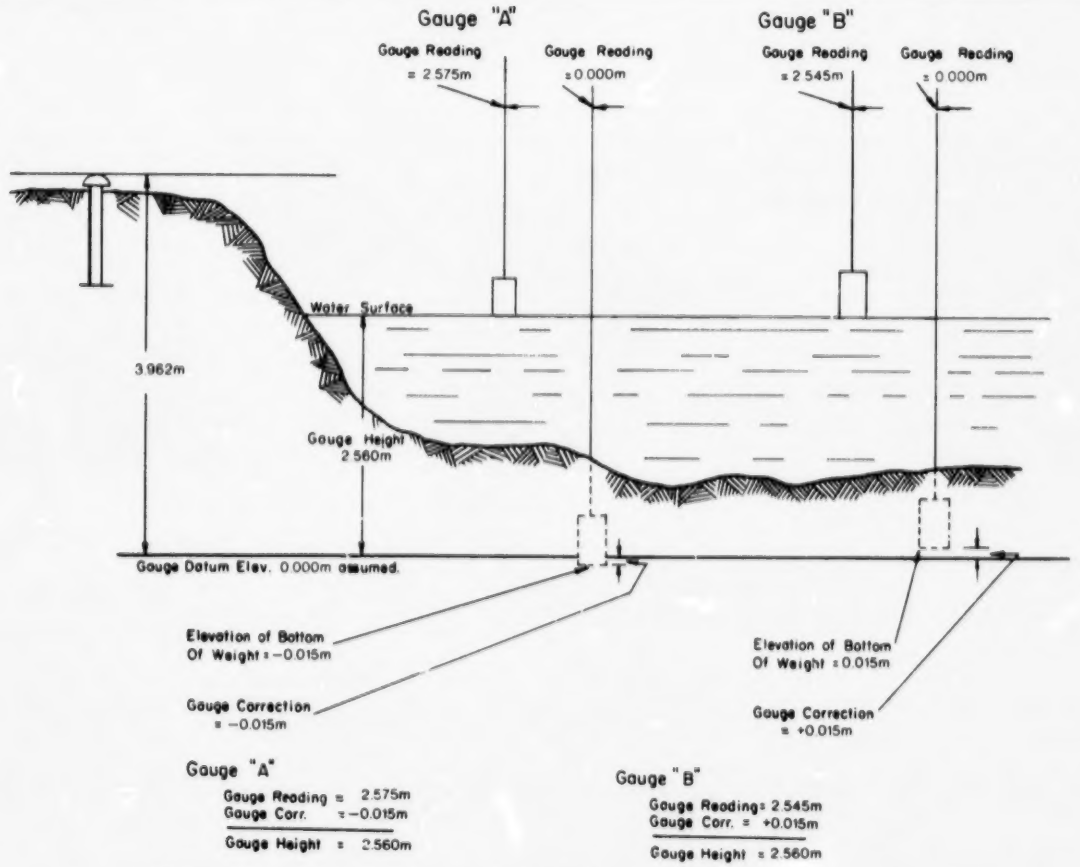


Figure 9. Illustration of corrections to wire-weight gauges.

LEVEL NOTES at CLEAR RIVER AT LITTLE BEND

STATION	B.S.	HT. INST.	F.S.	ELEVATION	
BM	0.914	20.726		19.812	M70-3, BM 18m S E
TP_1	0.305	17.483	3.048	17.678	of power pole at shelter
TP_2	0.610	15.240	3.353	14.630	
TP_3	0.305	12.802	2.743	12.497	
TP_4	0.610	9.754	3.658	9.144	
	3.658		3.368		sight on rod
	6.400		6.400		rod held on 6.4m of 0-7.3m I.G. corr. to
GAUGE	10.058	10.044	9.768	−0.014	inside gauge
TP_5	3.353	12.787	0.610	9.434	
TP_6	3.658	16.140	0.305	12.482	
TP_7	2.743	18.578	0.305	15.835	
TP_8	1.829	20.255	0.152	18.426	
B.M.			0.439	19.816	BM M70-3
Σ B.S.=	24.385	Σ F.S.=	24.381	19.812	
		Diff	=0.004	= 0.004	acceptable closing error

SKETCHES

NOTE: This is the 4th consecutive level check to show the inside gauge with a −0.014m correction. The gauge will be reset during summer trip when shelter maintenance is scheduled

use correction of −0.014m

Figure 10. Sample level notes (level check of staff gauge).

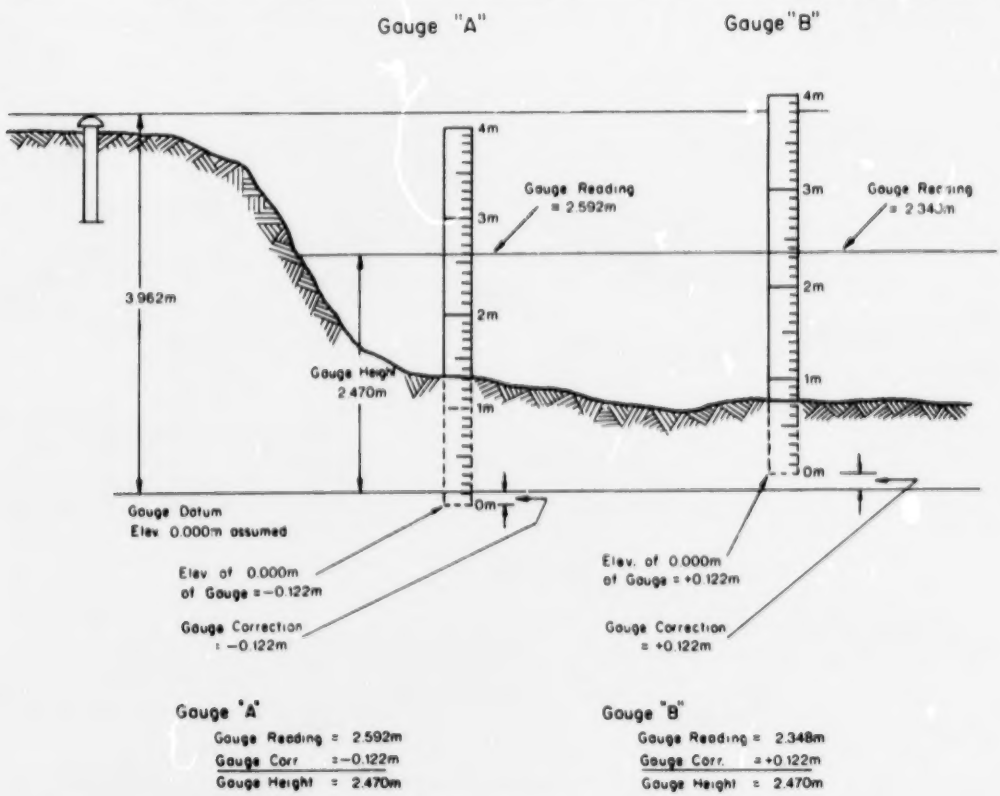


Figure 11. Illustration of corrections to staff gauges.

the bench mark and gauge, the instrument must be moved to close the return run to the bench mark. This procedure however, presents a problem when checking wire-weight gauges without the assistance of a rodman. To completely reposition the instrument tripod after initially sighting on the weight, presents a problem when attempting to re-sight the level on the graduated portion of the weight when closing the circuit. It is suggested that in this case, and only in this case, that one of the tripod legs be adjusted upward to reposition the level head for the foresight on the graduated weight. Of course this approach is not necessary when assistance is available. The return portion of the circuit is completed by levelling to the bench mark from which the circuit began. See Figure 8 for a sample of level notes, and Figure 9 for an illustration of corrections to wire-weight gauges.

When levelling staff gauges (both inside and outside gauges), the same general procedure is used. However, in this case repositioning the instrument after sighting on the rod or directly on the staff gauge generally presents no problem, and this step must be taken when closing the circuit. As mentioned in the previous example, the circuit must be closed by returning to the bench mark of origin. A sample of level notes is shown by Figure 10. Staff gauge corrections are illustrated in Figure 11.

In all cases the level circuit must be completed prior to determining the correction which is to be applied to the gauge. It is also strongly advised that a water elevation be obtained at the time the level circuit is run. Among other things, this will readily point out when intake pipes are silted or frozen.

Bibliography

Breed, Charles B., Hosmer, George L., Bone, Alexander J. Volume I, Elementary Surveying. 10th Ed. New York, Wiley 1966; Volume II, Higher Surveying. 8th Ed. New York, Wiley 1961.

Campbell, P.I. Part 3, Manual of Hydrometric Field Procedures, Department of Energy, Mines and Resources, Inland Waters Branch, Water Survey of Canada. 1967.

Corbett, D.M. Water Supply Paper 888, Stream-Gaging Procedure, A Manual Describing Methods and Practices of the Geological Survey. United States Geological Survey. 1945.

Davis, R.E., Foote, F.S., Kelly, J.W. Surveying Theory and Practice. 5th Ed. New York, McGraw-Hill. 1966.

Survey Monumentation Sub-Committee, Recommendations for Survey Markers in Horizontal and Vertical Control Surveys. Department of Energy, Mines and Resources. 1972.

Wild Heerbrugg Ltd., Wild N2 Engineer's Level Instructions For Use. Wild Heerbrugg Ltd., Heerbrugg Switzerland.

APPENDIX I

TWO PEG TEST This test is used to ensure that the line of sight through the telescope is parallel to the axis of the level tube.

Set two stakes A and B, 60 to 90 metres apart on reasonably level ground (Fig. 12). Set up and level the instrument at a point midway between the two stakes and take a rod reading a on the first stake and a reading b on the second stake. The difference in the readings, b-a, is the correct difference in elevation between the two stakes, regardless of any error in the instrument, since the observations are made from a point that is equidistant from each stake.

Next, set up and level the instrument at stake A so that the eyepiece will swing within 0.012 metre of the rod. Read c on the rod by observing through the objective lens of the telescope. Although the cross-hairs will not be visible, the field of view is so small that its centre may be determined by holding the point of a pencil on the rod. Move the rod to stake B and obtain reading d.

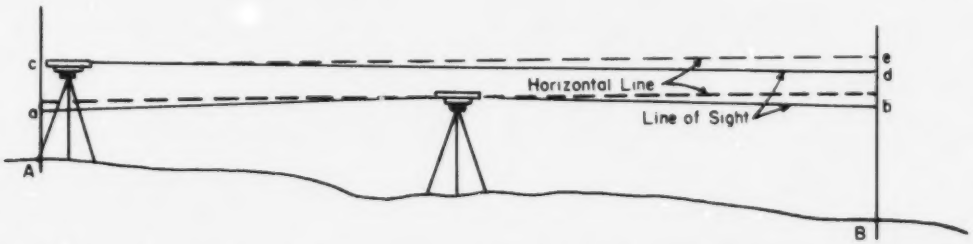


Figure 12. A sketch illustrating the principle of the two peg test.

If the instrument is in good adjustment, the difference in elevation of the two stakes as observed from midway between them will be the same as when observed from stake A. Or, d-c will equal b-a, and if b-a is added to the reading c, the result must be the correct reading at e. The difference between this value and the actual reading at d is the error in the adjustment of the line of sight between stakes A and B.

Assume that the following observations are made: a=0.573 m, b=1.350 m, c=1.161 m, d=1.923 m. When observed from midway between the stakes, the difference between the readings b-a=0.777 metre, is the true difference in elevation between stakes A and B regardless of the error in the line of sight. This value 0.777 when added to the reading c, 1.161, gives the value for e=1.938 m. This is the true value for the horizontal line of sight and the difference of 0.015 between the calculated true line of sight and the reading d=1.923 is the error in the line of sight between the two stakes.

Adjustments are carried out while the instrument is still in position at station A. If the instrument is equipped with an adjustable cross-hair ring or reticle, the correction is made while the level bubble is kept centred. First, one of the adjusting screws is loosened and then the other is tightened the corresponding amount. For the example cited above, the adjustment screws are turned until the cross-hair is set to read 1.938 on the levelling rod when it is held on stake B.

This same test can be used for the Wild N2 level. The adjustment differs however, in that the tubular split bubble is moved to correspond with the correct horizontal line of sight. First, the cross-hair is set to the correct reading on the levelling rod. The outer horizontal screw of the coincidence level is then loosened slightly to permit vertical adjustment of the end of the level tube. Next the vertical screws are adjusted first by loosening one very slightly and tightening the other an equal amount. This is repeated until the coincidence of the bubble ends has been restored.

Environnement Canada Environment Canada

Manuel pratique de levés hydrométriques — Nivellement

DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES
DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU
OTTAWA, CANADA, 1984

(Available in English on request)

Canada

85-4298/

Environnement Canada
Environment Canada

Manuel pratique de levés hydrométriques — Nivellement

DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES
DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU
OTTAWA, CANADA, 1984

(Available in English on request)

Table des matières

Page

AVANT-PROPOS v

RÉSUMÉ vii

ABSTRACT vii

DÉFINITIONS ix

INTRODUCTION 1

NIVEAU DE RÉFÉRENCE ET POINT D'ÉCOULEMENT NUL 1
- Vérifications de niveau 2
- Permanence du niveau de référence 2

REPÈRES DE NIVELLEMENT 3
- Description 3
- Numéro de série 3
- Types de repère de nivellement 4

INSTRUMENTS DE NIVELLEMENT 4
- Précision 4
- Erreurs de nivellement 5
- Précision de nivellement 6
- Notes de nivellement 8

VÉRIFICATIONS DES LIMNIMÈTRES 9
- Méthode 9

BIBLIOGRAPHIE 13

ANNEXE 1. MÉTHODE DES DEUX PIQUETS 14

Illustrations

Figure 1. Croquis illustrant les définitions du niveau de référence, du point d'écoulement nul, de la hauteur de niveau et de la lecture du limnimètre 1

Figure 2. Croquis de comparaison entre une échelle limnimétrique verticale et une sonde limnimétrique visuelle 2

Figure 3. Croquis d'un repère de nivellement standard de la Division des relevés hydrologiques du Canada. 3

Figure 4. Repère de nivellement monté verticalement 4

Figure 5. Tête du repère utilisée avec un ciseau de repère de nivellement 4

Figure 6. Exemple de notes de nivellement (entre deux repères de nivellement) 9

Illustrations (suite)

Page

Figure 7. Corrections de limnimètre et leur méthode de calcul 10

Figure 8. Exemple de notes de nivellement (vérification de sonde limnimétrique visuelle) 11

Figure 9. Illustration des corrections à apporter aux sondes limnimétriques visuelles 11

Figure 10. Exemple de notes de nivellement (vérification de niveau de limnimètre) 12

Figure 11. Illustration des corrections à apporter aux limnimètres 12

Figure 12. Croquis illustrant le principe de la méthode des deux piquets 14

Avant-propos

Ce manuel pratique de levés hydrométriques a été préparé à l'intention du Service des relevés hydrologiques pour l'aider à recueillir des données conformes aux normes canadiennes. Nous sommes conscients que des corrections ultérieures devront y être apportées et nous étudierons toute suggestion qui nous sera faite.

Cette section du guide a été préparée et rédigée par R.A. Terzi. Il remercie les personnes et organismes divers qui l'ont aidé dans son travail. Revision 1984 par J.O.G. Charbonneau.

Résumé

Le but essentiel de cette publication est d'expliquer les méthodes de nivellement à utiliser dans les stations de la Division des relevés hydrologiques du Canada. Le seul écart à la pratique normale est la mise en oeuvre d'un système de numérotation uniforme visant à affecter chaque repère de nivellement de la Division des relevés hydrologiques du Canada d'un numéro unique.

Cette publication ne traite pas des méthodes de nivellement à utiliser dans les stations marégraphiques. Pour ces méthodes, le lecteur doit se reporter à *Hydrographic Tidal Manual, 1970,* des Marées, courants et niveaux de l'eau, Ottawa.

Abstract

The main purpose of this publication is to document the levelling procedures that should be used at Water Survey of Canada gauging stations. The only deviation from current practice is the implementation of a uniform bench mark numbering system so that each Water Survey of Canada bench mark will have a unique number.

Procedures to be used in levelling at tide gauging stations are not covered in this publication. For those procedures the reader should refer to the Hydrographic Tidal Manual, 1970, prepared by Tides, Currents and Water Levels, Ottawa.

Définitions

Correction de niveau – toute correction qu'on apporte à l'observation ou à la lecture de niveau pour obtenir le niveau exact.

Hauteur de l'instrument – élévation de la ligne de visée dans la lunette quand on a mis l'instrument de niveau.

Hauteur de niveau – hauteur de la surface de l'eau au-dessus du «niveau de référence». On l'utilise concurremment avec les termes «hauteur des eaux», «niveau des eaux» et «cote».

Limnimètre – dispositif installé à la station de jaugeage pour mesurer le niveau de la surface du liquide par rapport à un niveau de référence. S'il y a enregistrement, il s'agit d'un limnigraphe.

Niveau de référence – plan horizontal permanent auquel on réfère les hauteurs de niveau. À son tour, on peut rapporter ce plan à une référence officielle comme une balise des Levés géodésiques du Canada ou un repère de nivellement ayant une élévation conventionnelle.

Observation ou lecture de niveau – représentation réelle de la hauteur de la surface de l'eau indiquée par un limnimètre. Elle ne s'identifie à la «hauteur de niveau» que si le repère 0.000 m du limnimètre est au «niveau de référence».

Point de cheminement – point fixe sur lequel on prend d'abord une visée avant et ensuite une visée arrière. Par nature, les points de cheminement sont généralement temporaires.

Repère de nivellement – point de référence permanent et fixe dont on connaît l'élévation. On peut utiliser les repères de nivellement comme points de cheminement.

Station de relevés – lieu où l'on effectue des relevés systématiques de la hauteur des eaux ou de la hauteur et de l'écoulement des eaux. On l'appelle également «station hydrométrique».

Vérification de niveau – méthode permettant de déterminer le déplacement d'un niveau par rapport au niveau de référence.

Visée arrière – visée prise avec un niveau sur un repère de nivellement ou sur un point d'élévation connue.

Visée avant – visée prise avec un niveau sur un repère de nivellement ou sur un point dont on doit déterminer l'élévation.

Manuel pratique de levés hydrométriques — Nivellement

INTRODUCTION

Le but d'un limnimètre dans une rivière, un cours d'eau ou un lac est de permettre d'obtenir des renseignements précis et sûrs sur le niveau pour toutes les hauteurs d'eau et toutes les conditions. L'instabilité d'un limnimètre, l'absence d'un niveau de référence permanent ou des repères de nivellement instables contribuent tous à l'incertitude et à l'imprecision des relevés. On peut résoudre certaines de ces difficultés en positionnant avec soin les limnimètres et les repères de nivellement, mais il faut aussi effectuer une vérification périodique et systématique à chaque station de relevés de niveau pour garantir la validité des installations de relevés et des repères de nivellement.

NIVEAU DE RÉFÉRENCE ET POINT D'ÉCOULEMENT NUL

Pour obtenir des mesures précises et sûres de hauteur des eaux, il faut rapporter le limnimètre de la station et les repères de nivellement à un repère fixe qui est normalement un plan choisi arbitrairement. Ce plan auquel se rapportent tous les levés de hauteur des eaux s'appelle le niveau de référence (figure 1). Il faut le choisir de façon qu'il soit inférieur à l'élévation où se situe le point d'écoulement nul tout en permettant de relever des hauteurs de niveau relativement basses. En s'assurant que le niveau de référence se situe à un point suffisamment inférieur à l'élévation où l'écoulement est nul, on évite l'inconvénient des cotes négatives, causes fréquentes d'erreur. Le niveau de référence doit aussi être assez bas pour permettre l'enregistrement de cotes positives dans des conditions inhabituelles comme par exemple les débits très réduits ou le débit dans des canaux d'érosion.

Après un certain temps d'exploitation d'une station, on sait que le profil du lit se modifie parfois dans une telle mesure que le point d'écoulement nul se situe nettement en dessous du niveau de référence existant. Il faudra alors baisser le niveau de référence pour tenir compte du nouveau profil du lit. L'élévation du repère de nivellement au-dessus du niveau de référence doit être exprimée en mètres. Dans tous les cas, le niveau de référence doit être conventionnellement fixé à 0.000 m et le limnimètre doit être disposé pour donner une lecture directe en mètres au-dessus du niveau de référence (figure 1).

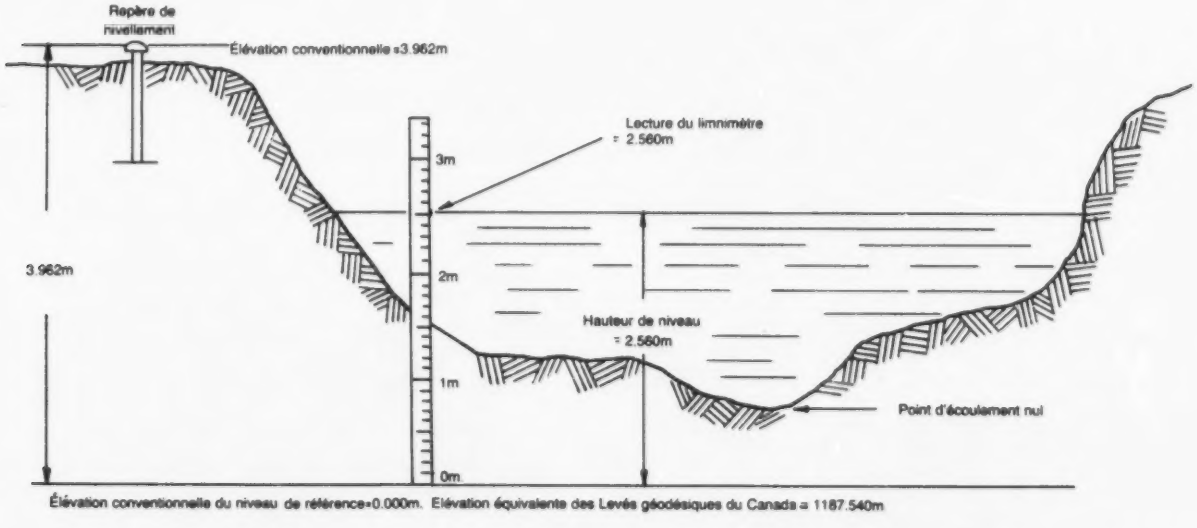


Figure 1. Croquis illustrant les définitions du niveau de référence, du point d'écoulement nul, de la hauteur de niveau et de la lecture du limnimètre.

Dans la plupart des endroits, il sera peu pratique et souvent impossible d'installer un limnimètre de façon que son zéro corresponde au niveau de référence. Il faut donc numéroter la partie utilisable du limnimètre de telle façon que zon zéro corresponde au niveau de référence s'il devient nécessaire de prolonger sa partie inférieure (voir figure 2).

Vérifications de niveau

Les vérifications de niveau permettant de déterminer la cote du point d'écoulement nul sont importantes pour les cours d'eau qui risquent de se tarir ou pour ceux qui sont dotés d'un régulateur naturel nettement défini ou artificiel. Avec cette méthode, on peut définir avec précision l'extrémité inférieure d'une courbe d'écoulement des eaux. Cette donnée est souvent difficile à obtenir par la seule mesure de l'écoulement, surtout avec un système de régulation naturel dans lequel la croissance de la végétation aquatique joue un rôle primordial en période de débit faible.

Les limnimètres sont soumis à de nombreuses conditions extrêmes et sont souvent déplacés ou même détruits par l'action du gel et de la glace. L'instabilité des rives et l'érosion du lit du cours d'eau ainsi que, dans certains cas, le vandalisme, ont tous à un moment ou un autre, entraîné la perte de données de niveau. Pour maintenir la validité des mesures de hauteur des eaux, il faut vérifier de temps à autre le niveau d'un limnimètre en fonction des repères de nivellement d'après lesquels il a été étalonné à l'origine. La fréquence de cette opération dépend essentiellement des conditions auxquelles le limnimètre est soumis. Dans des conditions normales, il peut suffire de le verifier deux ou trois fois par saison ou en fonction des instructions fournies. Néanmoins, dans le cas d'un limnimètre d'instabilité notoire, il est tout à fait normal de procéder à une vérification de niveau au cours de chaque visite de la station.

Permanence du niveau de référence

Dans une station de relevés de niveau, la permanence du niveau de référence constitue une partie très importante de la collecte des données. Il faut s'efforcer de la maintenir au cours de la période complète d'enregistrement. Ce point ressort encore davantage de l'étude et de l'évaluation des données d'écoulement anciennes et actuelles en cas de remise en service d'une station de relevés de niveau. Les données de hauteur des eaux étant à la base du rapport entre la hauteur et l'écoulement, la continuité des niveaux de référence accroît considérablement la valeur des données hydrométriques dans de nombreuses études techniques et hydrologiques. Pour assurer sa permanence, il faut choisir un niveau de référence qui se rapporte à au moins deux, et de préférence trois, repères de nivellement stables associés à

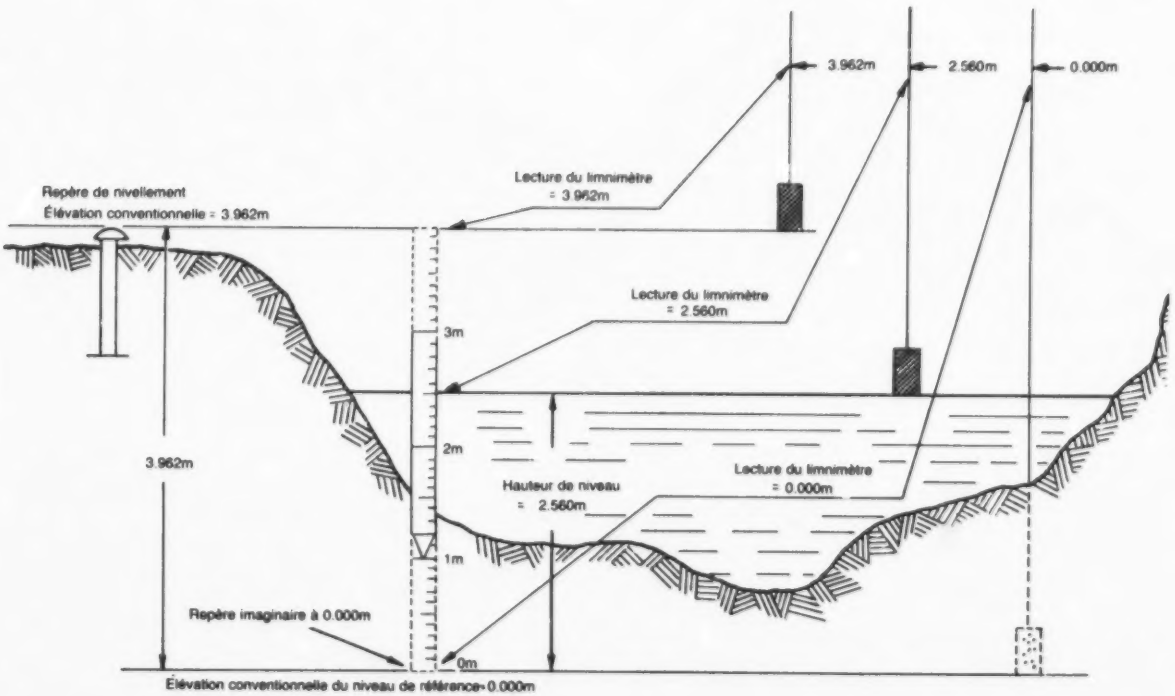


Figure 2. Croquis de comparaison entre une échelle limnimétrique verticale et une sonde limnimétrique visuelle. La lecture ou l'indication du limnimètre est la même que la hauteur de niveau seulement si la correction de la mire est 0.000 m.

la station de relevés de niveau, indépendants les uns des autres ainsi que du limnimètre ou de son support. Il est également souhaitable que tous les repères de nivellement se rapportent à une cote de référence commune et, si possible, à une cote commune à tous les autres limnimètres d'un bassin d'écoulement. Par exemple, si dans une certaine région, on utilise surtout la cote de l'ARAP (Administration du rétablissement agricole des Prairies), il serait très utile de disposer de données de hauteur des eaux s'y rapportant. Entre autres, les usagers de données hydrométriques peuvent ainsi connaître la pente moyenne de la surface liquide entre les stations de relevés de niveau successives dans un bassin hydrographique.

On trouvera ci-après une liste des plans de niveau utilisés par la Division des relevés hydrologiques.

Administration du rétablissement agricole des Prairies (ARAP)
Alberta Department of Highways
Canada Land and Irrigation Co.
Canadien National
Canadien Pacifique
Conventionnel
Grands lacs internationaux
Lac des Bois
Levés géodésiques du Canada
LNID Est
Reclamation Service of Canada
Sand Heads
Saskatchewan Conservation and Development Branch
Service de la frontière États-Unis/Canada
Service des levés géodésiques du Canada (ancien)
Service des levés topographiques
United States Reclamation Service

REPÈRES DE NIVELLEMENT

Comme on l'a déjà indiqué, chaque nouvelle station de relevés doit normalement se rapporter à trois repères de nivellement indépendants. Cette condition doit essentiellement garantir la permanence de la référence locale en cas de déplacement ou de destruction d'un ou de deux repères de nivellement. Il faut en outre signaler que, pour assurer un bon contrôle, les repères de nivellement doivent être assez dispersés de préférence au-dessus du niveau de crue et suffisamment éloignés de la rive. Ils ne doivent pas être groupés au voisinage immédiat du limnimètre. L'établissement de trois repères de nivellement ne signifie pas forcément qu'il faut effectuer le nivellement d'après chacun d'eux lors de chaque vérification du limnimètre. Néanmoins, il faut les vérifier au moins deux fois par an pour s'assurer de leur stabilité relative. Si on découvre une variation d'élévation entre le limnimètre et un repère de nivellement, il faut absolument vérifier le limnimètre d'après au moins un des autres repères de nivellement pour s'assurer que l'erreur vient effectivement du limnimètre et non pas du repère de nivellement. Les barres d'acier profilé enfoncées dans le sol jusqu'à refus ou les tubes de fer à socle d'ancrage constituent des types de repère de nivellement assez stables.

Description

Par le passé, on n'a pas suffisamment insisté sur l'importance de la description unique et nette de chaque repère de nivellement. Tout repère de nivellement établi par la Division des relevés hydrologiques doit recevoir un numéro d'identification vérifié et enregistré par chaque bureau régional. Ce numéro doit être inscrit sur le dessus bombé du repère de nivellement, sous la branche la plus longue de la croix (figure 3). L'identification, étampée à l'aide d'un jeu de matrices de lettres et de numéros, fournit un moyen de repérage facile permettant d'obtenir des renseignements pertinents lorsqu'on en a besoin.

Figure 3. Croquis d'un repère de nivellement standard de la Division des relevés hydrologiques du Canada montrant le type et l'emplacement des inscriptions d'identification.

Numéro de série

Le numéro de série indique, par sa ou ses deux premières lettres, la province ou le territoire où se trouve le repère de nivellement. Les deux chiffres suivants indiquent l'année de mise en place et le dernier représente l'ordre numérique d'attribution de l'identification au cours d'une année civile donnée.

L'attribution et la vérification des numéros de série des repères de nivellement incombent au personnel du

bureau régional. Les abréviations à utiliser pour chaque province ou territoire sont les suivantes:

BC – Colombie-Britannique	NS – Nouvelle-Écosse
A – Alberta	PE – Île du Prince-Édouard
S – Saskatchewan	N – Terre-Neuve
M – Manitoba	YT – Territoire du Yukon
O – Ontario	NT – Territoire du Nord-Ouest
Q – Québec	
NB – Nouveau-Brunswick	

Types de repère de nivellement

Les deux types de repère de nivellement actuellement utilisés par la Division des relevés hydrologiques ont des têtes identiques et ne diffèrent que par leur mode d'installation. L'un est une pastille pouvant être placée verticalement ou horizontalement dans une surface de roche ou de béton. L'autre est un capuchon conçu pour se fixer soit à un tube soit à une barre de fer enfoncé dans le sol. Pour distinguer les deux types de repère de nivellement, la lettre P ou C (pastille ou capuchon) est étampée sur la surface plate de la collerette. La partie centrale de la tête, avec sa surface légèrement bombée, dépasse de 6 mm au-dessus de la collerette. Deux rainures, taillées sur le dessus forment une croix dont la branche verticale est courte et la branche horizontale longue (figure 3). Lorsqu'on installe un repère de type pastille sur une surface verticale, la partie centrale en relief dépasse suffisamment pour permettre de poser une mire sur le bord de la partie bombée comme le montre la figure 4.

Si le repère est monté sous une saillie et que le bord de sa partie bombée n'est pas accessible, on peut placer un ciseau de repère de nivellement ou une lame de couteau dans la rainure de la branche horizontale de la croix et y placer la mire comme le montre la figure 5. Si on compte utiliser la première méthode, aucune des branches de la croix ne doit être horizontale (voir figure 4). *Dans un cas comme dans l'autre, il faut impérativement étamper une flèche sur la surface bombée pour indiquer le point de mesure d'élévation.*

INSTRUMENTS DE NIVELLEMENT

Précision

Dans la mesure des niveaux, la précision du travail dépend de deux facteurs principaux: la qualité et la

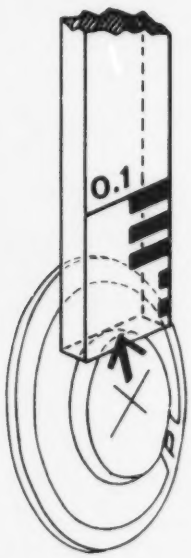


Figure 4. Utilisation d'un repère de nivellement monté verticalement. Une flèche, gravée sur la surface avec un ciseau à froid ordinaire, indique que la mire doit s'appuyer sur le bord de la partie centrale en saillie.

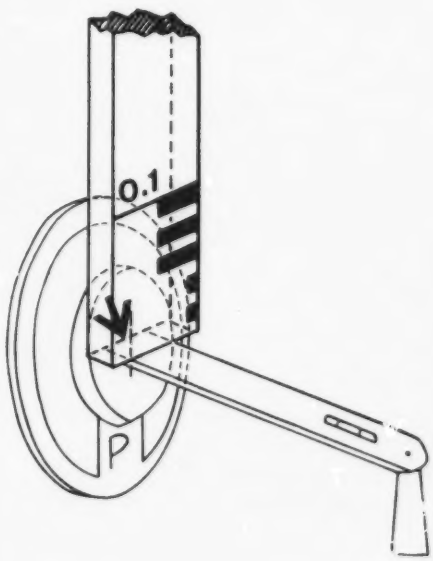


Figure 5. Tête du repère utilisée avec un ciseau de repère de nivellement. Dans ce cas, la flèche gravée sur la partie bombée pointe vers la longue rainure horizontale dans laquelle il faut placer le ciseau de repère de nivellement.

précision de l'instrument utilisé; la compétence de l'arpenteur et le soin apporté au travail. Pour le travail hydrométrique normal, un niveau de bonne qualité comme le Wild N2 suffit pour obtenir la précision nécessaire tant qu'il est correctement réglé. On conseille fortement à l'arpenteur de vérifier la précision de tout niveau qui lui est remis. Il faut faire plusieurs essais avant la série de vérifications de printemps et après une manipulation brutale accidentelle du niveau. La méthode des deux piquets est probablement la plus connue et la plus utilisée. Cette méthode, expliquée à l'annexe 1, demande normalement environ deux heures et demie.

Niveau Wild N2

Une particularité du niveau Wild N2 permet de vérifier facilement sa collimation avec une seule mise en station. Il faut d'abord pointer l'instrument sur un point fixe. Ensuite, on peut faire tourner la lunette et le niveau tubulaire de 180 degrés sur l'axe longitudinal de l'instrument en appuyant sur la goupille de verrouillage de la lunette. Quand le niveau est réglé, les lectures prises des deux positions seront les mêmes. Si le niveau est déréglé, la moyenne des deux lectures donnera la visée horizontale correcte. Le livret d'instructions fourni avec chaque instrument donne plus de détails sur cette méthode. Comme elle est facile à effectuer, on recommande de la faire à chaque utilisation du niveau.

Erreurs de nivellement

L'autre facteur important dont dépend la précision du nivellement est la compétence de l'arpenteur et le soin qu'il apporte à son travail. Dans l'énumération ci-dessous, on ne tient pas compte des erreurs car elles sont surtout dues à des fautes de calcul, à l'étourderie ou à de fausses évaluations. On peut les déceler et les éliminer par la vérification complète du travail. Néanmoins, l'arpenteur doit connaître les problèmes pouvant conduire à des erreurs de nivellement et les mesures à prendre pour les réduire. On trouvera ci-dessous une liste de quelques causes principales d'erreurs de nivellement.

1. *Mauvais réglage de l'instrument* — C'est l'erreur qui se produit quand la ligne de visée n'est pas parallèle à l'axe du tube du niveau. On peut réduire cette erreur au minimum en réglant soigneusement l'instrument et en équilibrant les distances de visée arrière et de visée avant.

2. *Parallaxe* — Régler l'oculaire de la lunette pour que le réticule apparaisse net et précis et mettre ensuite l'objectif au point sur une cible. S'il se produit un mouvement apparent du réticule sur la cible à la suite d'un léger déplacement de l'oeil de l'observateur, il y a une erreur de parallaxe. On peut réduire cette erreur à une valeur négligeable en mettant soigneusement au point l'oculaire et l'objectif.

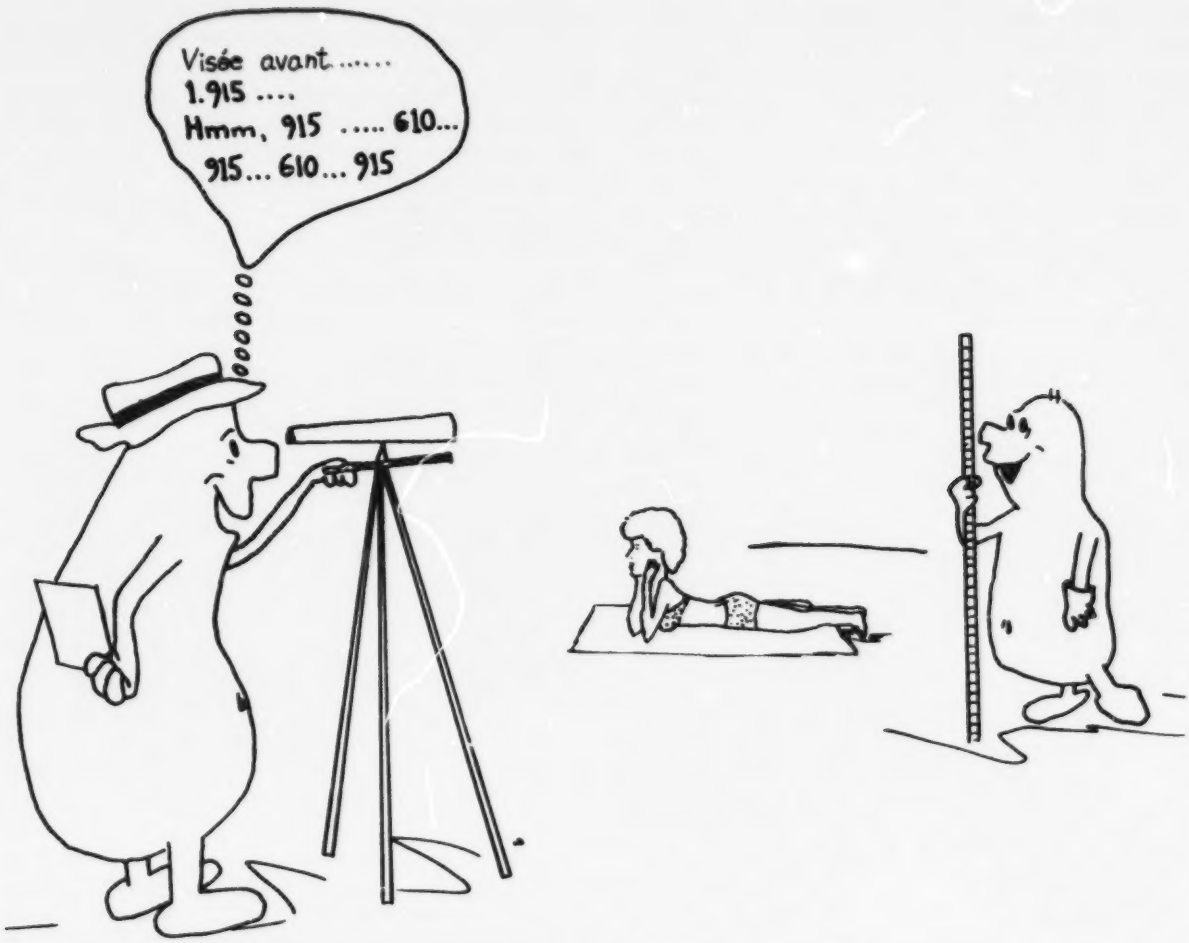
3. *Lecture imprécise de la mire* — On peut considérablement diminuer ce genre d'erreur en faisant des visées plus courtes et en vérifiant chaque lecture avant de la noter.

4. *La mire n'est pas verticale* — Utiliser un niveau de mire ou faire osciller la mire pour supprimer ce genre d'erreur. Quand on incline la mire vers l'arrière, on suppose qu'elle repose toujours sur le bord avant de sa base.

5. *Points de cheminement incorrects* — Les points de cheminement ni stables ni bien définis constituent une source possible d'erreurs. Si on prend soin de choisir des points de cheminement fermes avec des têtes arrondies, on peut réduire cette source d'erreur au minimum.

6. *Bulle de niveau non centrée* — Quand on rencontre cet inconvénient, au moment de la visée, l'erreur est alors proportionnelle à la distance de la visée. Par suite, plus la distance de visée est grande, plus il faut mettre de soin dans la mise en station.

7. *Le trépied de l'instrument s'enfonce dans le sol* — Le trépied de l'instrument peut s'enfoncer dans le sol lorsqu'on effectue des levés en terrain meuble, boueux ou en cours de dégel. Les observations de visée avant et de visée arrière doivent alors se succéder à une cadence rapide pour réduire au minimum les conséquences du changement de position de l'instrument.



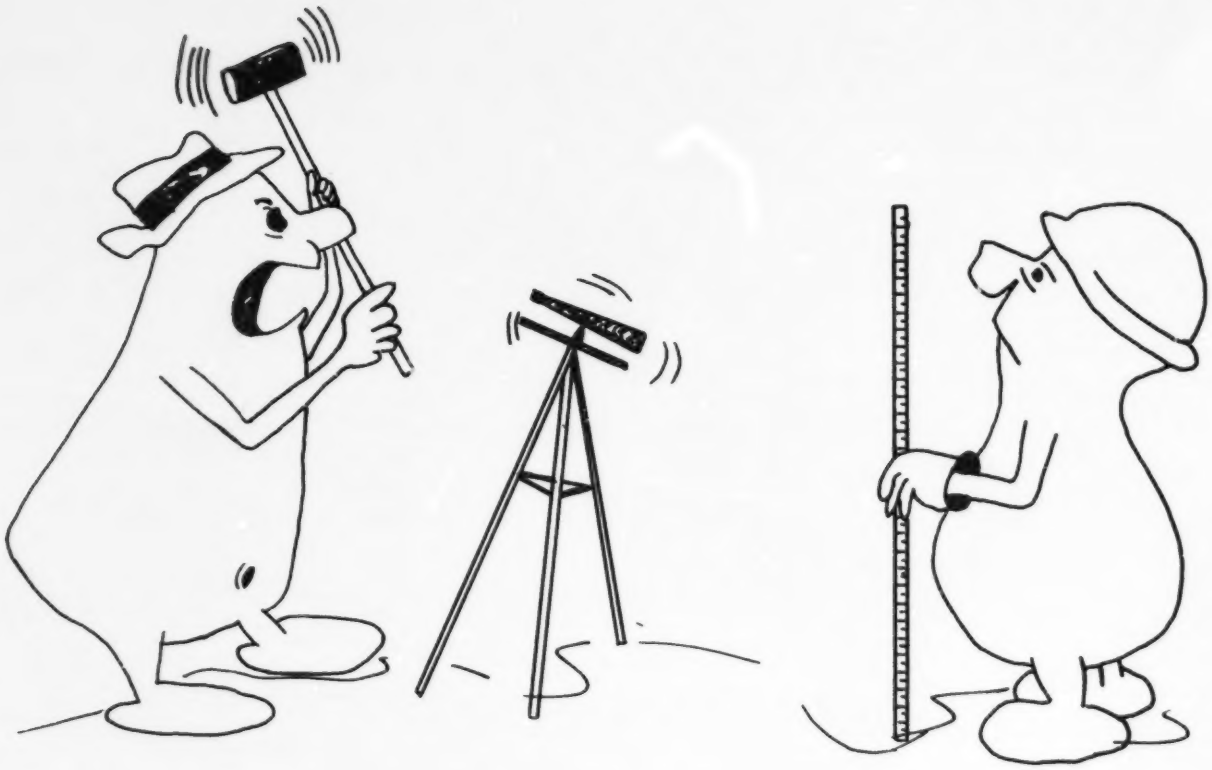
Avec un peu de perspicacité, l'arpenteur débrouillard doit pouvoir juger toutes les situations.

Précision de nivellement

Un nivellement qui se termine au point de départ ou à un autre repère de nivellement précédemment établi s'appelle «cheminement fermé». Lorsqu'on termine un long cheminement, l'élévation calculée d'après les notes de niveau correspondra rarement à l'élévation initiale ou donnée du point. Cette différence d'élévation s'appelle «erreur de fermeture»; on peut l'attribuer aux conditions précédemment expliquées.

D'après l'expérience, ces erreurs sont fonction de la racine carrée du nombre de mises en station de l'instrument. En supposant que le nombre de mises en station par kilomètre est uniforme sur l'ensemble du cheminement, l'erreur sera donc fonction de la racine carrée de la distance du cheminement qui est normalement exprimée en kilomètres.

Quand on applique des techniques de nivellement telles que la distance de visée ne dépasse pas 90 m, les visées avant et les visées arrière sont à peu près équilibrées, la mire de nivellement est oscillée pour obtenir des lectures nettes et précises, les points de cheminement sont fermes et nettement définis, la bulle du niveau est soigneusement centrée avant chaque visée, le trépied du niveau est posé sur un sol ferme, alors l'erreur maximum de fermeture ne doit pas en fait dépasser $\pm 0.010\sqrt{\text{distance en kilomètres}}$. Normalement, l'erreur doit être considérablement moindre. À l'exception des cas spéciaux, on peut utiliser ce même critère pour déterminer s'il faut ou non apporter des corrections aux limnimètres et aux repères de nivellement.



L'arpenteur consciencieux n'applique que des méthodes scientifiques pour garder son équipement en bon état.

On peut utiliser les données suivantes comme guide général:

Longueur du cheminement	Correction à apporter quand la différence d'élévation est:
1 km	0.010 m ou plus
500 m	0.006 m ou plus
300 m	0.003 m ou plus

L'erreur maximum de fermeture permise pour les courts cheminements comprenant 3 mises en station ou moins sera de 0.003 m. Advenant que l'erreur de fermeture surpasse 0.003 m, il est préférable par prudence de refaire le cheminement au lieu de répartir l'erreur.

Dans des conditions normales, les lectures de mire à 0.002 m sont suffisantes. Les lectures à 0.001 m obligent à un degré de précision qui n'existe pas normalement et qui est généralement sans rapport avec la sensibilité de l'equipement utilisé pour la mesure des hauteurs des eaux.

D'ordinaire, on n'apporterait pas de correction de 0.002 m à un limnimètre sauf dans des cas exceptionnels où on utilise des contrôles artificiels délicats et où les cotes de hauteurs sont notées avec une précision supérieure à 0.002 m. Néanmoins, en règle générale, dans les cas où de nombreuses observations consécutives indiquent la même variation de 0.002 m d'élévation et si on est à peu près sûr que le limnimètre a bougé, on peut éliminer la correction en rectifiant la position du limnimètre.

La qualité et l'état des mires de nivellement utilisées sont d'autres facteurs souvent négligés qui ont une influence considérable sur la précision du nivellement. On doit vérifier la précision des mires de nivellement dès leur réception. On recommande en outre d'étalonner les mires devant être utilisées dans un travail de nivellement important. Lorsqu'on ne s'en sert pas, il faut placer la mire dans un étui, solide de préférence, pour éviter tout effacement accidentel de la surface imprimée ou tout dommage aux embouts. Il ne faut pas laisser de mire en bois non traité en permanence dans l'eau car le bois gonflera et la

L'arpenteur consciencieux ne doit jamais oublier qu'il faut travailler posément.

surface peinte se fissurera et s'écaillera, limitant ainsi la durée utile de l'instrument.

Notes de nivellement

Au cours des vérifications de routine des limnimètres et des niveaux normaux ou différentiels entre des repères de nivellement (avec visées arrière et avant à peu près équilibrées), on utilise les notes de nivellement de la figure 6. Le formulaire «notes de nivellement» des notes de relevé hydrométrique, modèle R-21A, comporte plusieurs colonnes permettant l'inscription des observations et le calcul des élévations. On utilise le bas des notes de nivellement, ou on intercale une feuille supplémentaire pour les remarques descriptives devant accompagner la feuille de données d'observations.

Lorsqu'on enregistre des notes, on indique l'élévation du repère de nivellement ou du repère de référence à la première ligne de la colonne intitulée «Élévation». On inscrit le numéro d'identification du repère de nivellement dans l'espace prévu à droite avec tout autre renseignement descriptif nécessaire. En cas de besoin, on peut joindre une feuille descriptive supplémentaire aux notes. Sur la même ligne, dans la colonne intitulée «Station» (position de la mire), on inscrit la notation Rep. (repère de nivellement). Dans la colonne suivante, toujours sur la même ligne, on inscrit la lecture obtenue en visée arrière (Vis. Ar.) quand la mire est tenue sur le repère de nivellement ou le point d'élévation connue. Dans la colonne intitulée hauteur de l'instrument, on inscrit la valeur obtenue par addition de la valeur de visée arrière et de l'élévation connue. À la ligne suivante, dans la colonne intitulée visée avant (Vis. Av.), on indique la lecture de visée avant du point dont on doit déterminer l'élévation. On soustrait ensuite cette valeur de la hauteur de l'instrument pour obtenir l'élévation du point de visée avant ou premier point de cheminement (P. Ch.$_1$). On indique cette valeur dans l'espace à droite, dans la colonne «Élévation» sur la même ligne que la visée avant que l'on vient de noter. On continue les observations et les notes en procédant de cette manière jusqu'à la fermeture du cheminement.

Les notes de nivellement peuvent être enregistrées dans un calepin ou sur une feuille de papier quelconque pourvu que l'on procède de la façon décrite ci-haut. Sur ces notes de nivellement, les renseignements de chaque ligne horizontale se rapportent au repère de nivellement ou au point de cheminement noté dans la colonne «Station». La figure 6 présente un ensemble typique de notes de relevés de niveau entre deux repères de nivellement.

Lorsqu'on effectue une longue série de relevés de niveau pour associer un repère de nivellement de la Division des relevés hydrologiques à un autre niveau, il est souvent préférable d'utiliser dans le cheminement de retour les mêmes points de cheminement qu'à l'aller. Avec cette méthode, on peut très facilement déceler les sources importantes d'erreur et épargner ainsi le temps et l'effort d'une reprise des niveaux du cheminement entier.

VÉRIFICATIONS DES LIMNIMÈTRES

Méthode

Lorsqu'on effectue des relevés de niveau pour vérifier le déplacement d'un limnimètre, il faut dans tous les cas fermer le cheminement. Même quand il ne faut effectuer qu'une seule mise en station entre le repère de nivellement et le limnimètre, il faut déplacer l'instrument pour fermer le cheminement de retour sur le repère de nivellement. Cette méthode présente cependant une difficulté lorsqu'on vérifie des sondes limnimétriques visuelles sans l'aide d'un porte-mire. Pour repositionner entièrement le trépied de l'instrument après avoir pris une visée initiale sur le lest, une difficulté s'élève quand on essaie de repointer le niveau sur la partie graduée du lest à la fermeture du cheminement. Dans ce cas, *et dans ce cas seulement*, on conseille de régler un des pieds du trépied en le levant pour repositionner la tête du niveau pour la visée avant sur le lest gradué. Naturellement, cette méthode est inutile quand on dispose d'aide. Au retour, le cheminement se ferme par prise de niveau sur le repère de nivellement à partir duquel on a commencé le cheminement. La figure 8 donne un exemple des notes de nivellement et la figure 9 présente les corrections à apporter aux sondes limnimétriques visuelles.

On utilise la même méthode générale pour la prise de niveau des échelles limnimétriques verticales (intérieures et extérieures). Toutefois, dans ce cas, le repositionnement de l'instrument après le pointage sur la mire ou directement sur l'échelle limnimétrique verticale ne pose généralement aucun problème. Il faut procéder à cette opération à la fermeture du cheminement. Comme on l'a indiqué dans l'exemple précédent, il faut fermer le cheminement en revenant au repère de nivellement d'origine. La figure 10 donne un exemple des notes de nivellement. La figure 11 indique les corrections à apporter à l'échelle limnimétrique verticale.

DIVISION DES RELEVÉS HYDROLOGIQUES DU CANADA

NOTES DE NIVELLEMENT

Cours d'eau RIVIÈRE STE-THÉRÈSE

Endroit NOUVELLE STATION DE JAUGEAGE

Equipe DUPONT ET DUPOND Date LE 2 AOÛT 19 74

Station	Visée arrière	Haut de l'instr.	Visée avant	Elevation	Remarques
NIVEAUX ENTRE REPÈRES S70-4 ET S70-6 DE LA DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU					
REP.	1.113	7.514		6.401	rep. S70-4, 3.60m
P. CH_1	2.408	8.093	1.829	5.685	5-E de culée droite
P. CH_2	3.139	10.244	0.988	7.105	
P. CH_3	2.822	12.426	0.640	9.604	
P. CH_4	3.484	14.938	0.972	11.454	
REP.	0.686	14.920	0.704	14.234	rep. S70-6 établi
P. CH_5	0.948	12.140	3.728	11.192	sur rive droite 150m en aval du pont
P. CH_6	1.247	11.345	2.042	10.098	
P. CH_7	0.731	9.927	2.149	9.196	
REP.			3.520	6.407	S70-4
Σ VIS. ARR.	16.578	Σ VIS. AV.	16.572	6.401	
	16.572				
DIFF. =	0.006			=0.006	erreur de fermeture acceptable

Feuille nº 1 de 2 feuilles Comp par DUPONT Vérif par DUPOND

Figure 6. Exemple de notes de nivellement (entre deux repères de nivellement).

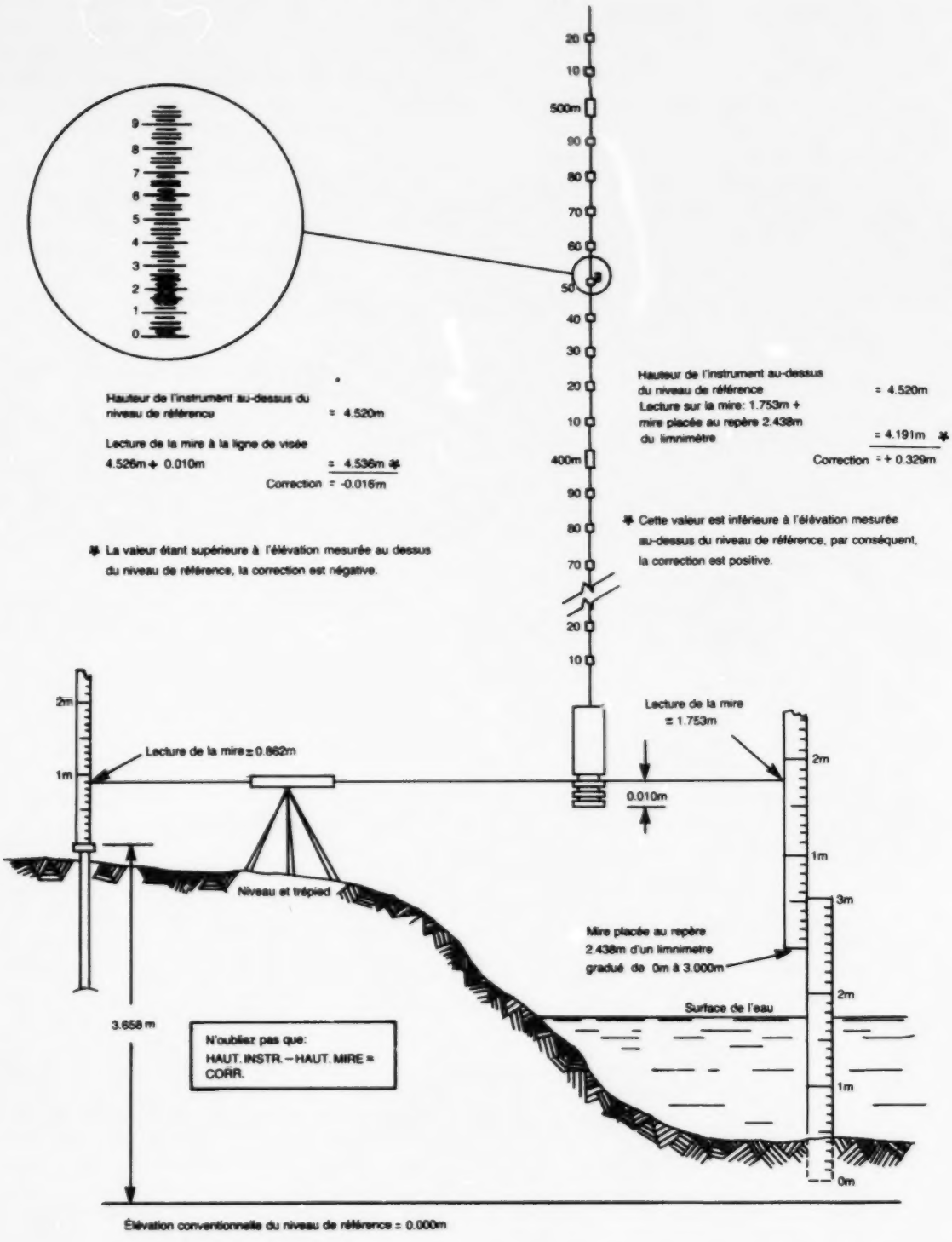


Figure 7. Corrections de limnimètre et leur méthode de calcul.

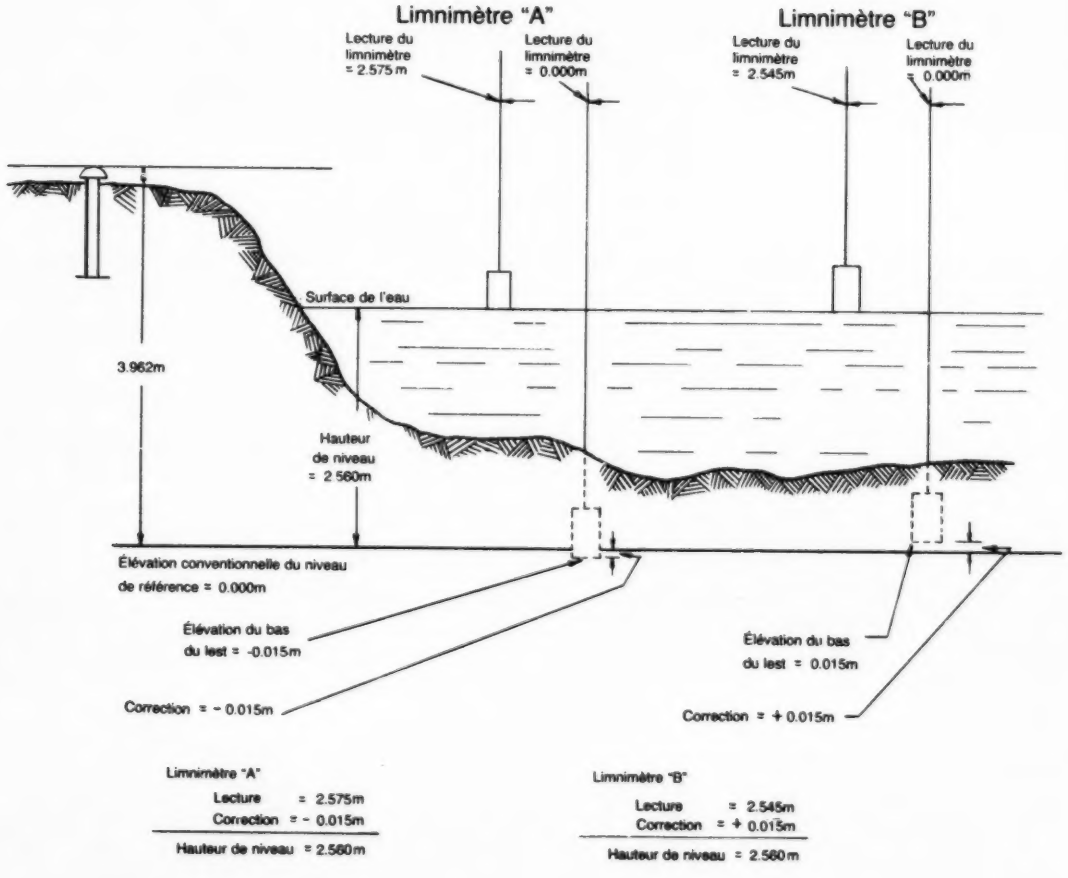
Figure 8. Exemple de notes de nivellement (vérification de niveau de sonde limnimétrique visuelle).

NOTES DE NIVELLEMENT à

STATION	VISÉE ARRIÈRE	HAUT. DE L'INSTR.	VISÉE AVANT	ÉLÉVATION	
REP.	0.152	14.782		14.630	rep. A70-2 sur la rive droite
P. CH_1	0.305	11.887	3.200	11.582	3m O de culée de pont
P. CH_2	0.152	8.381	3.658	8.229	
SLV (sonde limnimétrique visuelle)			0.012		visée sur fente
			8.376		lecture de la SLV
			8.388	-0.007	correction de la SLV
SLV	0.043				visée sur rest après déplacement de l'inst.
	8.376				lecture de la SLV
	8.419	8.412			
P. CH_3	3.810	11.734	0.488	7.924	
P. CH_4	3.566	14.995	0.305	11.429	
REP.			0.363	14.632	A70-2
Σ	16.404		16.402		
			16.404		
CROQUIS		DIFF. = 0.002			erreur de fermeture acceptable

correction de -0.007m

Figure 9. Illustration des corrections à apporter aux sondes limnimétriques visuelles.



NOTES DE NIVELLEMENT à RIVIÈRE STE-THÉRÈSE À MARCELVILLE

STATION	VISÉE ARRIÈRE	HAUT. DE L'INSTR.	VISÉE AVANT	ÉLÉVATION	
REP.	0.914	20.726		19.812	rep. M70-3, 18m
P. CH.$_1$	0.305	17.963	3.048	17.678	S.-E. du poteau près de l'abri
P. CH.$_2$	0.610	15.240	3.353	14.630	
P. CH.$_3$	0.305	12.802	2.743	12.497	
P. CH.$_4$	0.610	9.754	3.658	9.144	
	3.658		3.368		visée sur mire
	6.400		6.400		mire soutenue à 6.4m du 0 à 0-7.3m de la
LIMNIMÈTRE	10.058	10.044	9.768	-0.014	correction du limnimètre à l'int.
P. CH.$_5$	3.353	12.787	0.610	9.434	
P. CH.$_6$	3.658	16.140	0.305	12.482	
P. CH.$_7$	2.743	18.578	0.305	15.835	
P. CH.$_8$	1.829	20.255	0.152	18.426	
REP.			0.439	19.816	rep. M70-3
Σ VIS. ARR.	= 24.385	Σ VIS. AV.	= 24.381	19.812	
		DIFF.	= 0.004	= 0.004	erreur de fermeture acceptable

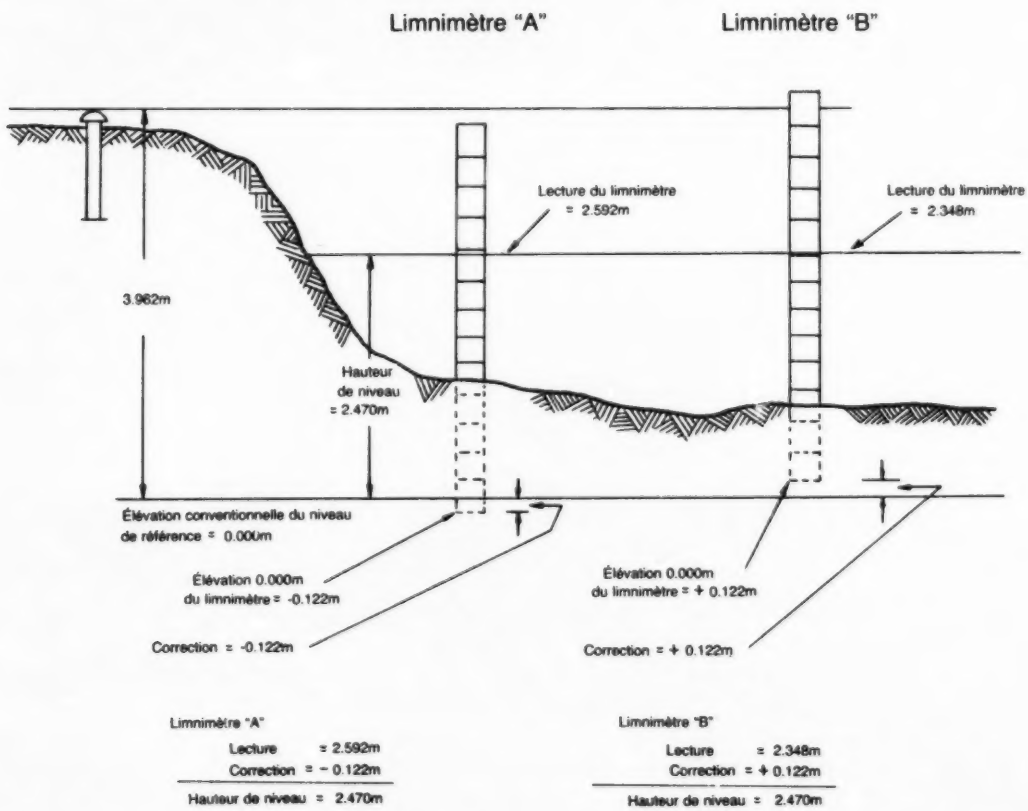
CROQUIS

NOTE : Ceci est le quatrième essai de nivellement consécutif qui indique une correction de 0.014 m au limnimètre inférieur. Le limnimètre sera ajusté l'été, lors de l'entretien de l'abri.

correction de -0.014m

Figure 10. Exemple de notes de nivellement (vérification de niveau du limnimètre).

Figure 11. Illustration des corrections à apporter aux limnimètres.



Dans tous les cas, il faut fermer le cheminement de nivellement avant de déterminer le correction à apporter au limnimètre. On recommande aussi fortement de prendre une élévation de l'eau quand on accomplit le cheminement de nivellement. En outre, cette mesure permettra de déceler si les prises d'eau sont envasées ou gelées.

BIBLIOGRAPHIE

Breed, Charles B., Hosmer, George L., and Bone, Alexander J. Volume I, Elementary Surveying. 10th ed. New York: Wiley, 1966; Volume II, Higher Surveying. 8th ed. New York: Wiley, 1961.

Campbell, P.I. Manual of Hydrometric Field Procedures. Part 3. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Direction des eaux intérieures, Division des relevés hydrologiques du Canada, 1967.

Corbett, D.M. Stream-Gaging Procedure, A Manual Describing Methods and Practices of the Geological Survey. Water Supply Paper 888, United States Geological Survey. 1945.

Davis, R.E., Foote, F.S., and Kelly, J.W. Surveying Theory and Practice. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1966.

Norme internationale. Mesure de débit des liquides dans les canaux découverts – Vocabulaire et symboles. ISO 772-1973.

Survey Monumentation Sub-Committee, Recommendations for Survey Markers in Horizontal and Vertical Control Surveys. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. 1972.

Wild Heerbrugg Ltd., Wild N2 Engineer's Level Instructions For Use Wild Heerbrugg Ltd., Heerbrugg, Suisse.

ANNEXE 1

MÉTHODE DES DEUX PIQUETS

On utilise cette méthode de vérification pour s'assurer que la ligne de visée de la lunette est parallèle à l'axe du tube du niveau.

Planter deux piquets A et B en les espaçant de 60 à 90 m sur un terrain assez plat (figure 12). Installer et mettre l'instrument de niveau en un point équidistant des deux piquets. Prendre une lecture de mire *a* sur le premier piquet et une lecture *b* sur le deuxième piquet. La différence des lectures, *b* - *a*, est la différence d'élévation exacte entre les deux piquets, quelle que soit l'erreur de l'instrument, car les observations sont faites en un point équidistant de chaque piquet.

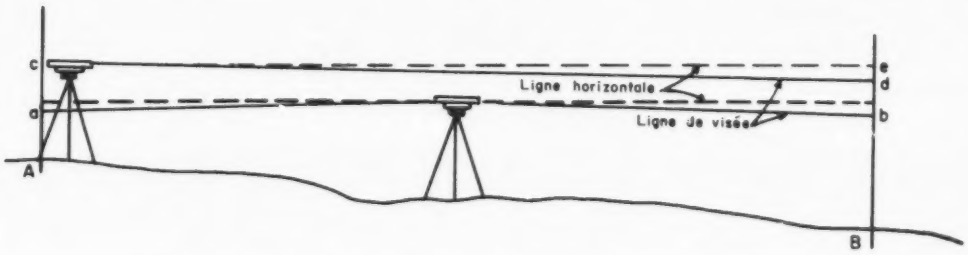


Figure 12. Croquis illustrant le principe de la méthode des deux piquets.

Ensuite, installer et mettre l'instrument de niveau au piquet A de façon que l'oculaire vienne tourner à moins de 0.012 m de la mire. Prendre la lecture *c* sur la mire en visant dans l'objectif de la lunette. Le réticule ne sera pas visible, mais le champ est tellement étroit qu'on peut déterminer son centre en appliquant la pointe d'un crayon sur la mire. Placer la mire au piquet B et prendre la lecture *d*.

Si l'instrument est correctement réglé, la différence d'élévation des deux piquets observée à mi-chemin entre ces piquets sera la même que celle observée du piquet A. Autrement dit, *d* - *c* sera égal à *b* - *a* et si *b* - *a* est ajouté à la lecture *c*, le résultat doit correspondre à la lecture correcte en *e*. La différence entre cette valeur et la lecture réelle en *d* est l'erreur de réglage de la ligne de visée entre les piquets A et B.

Supposer qu'on ait obtenu les observations suivantes: *a* = 0.573 m, *b* = 1.350 m, *c* = 1.161 m et *d* = 1.923 m. Observée à mi-chemin entre les piquets, la différence entre les lectures *b* - *a* = 0.777 m est la différence réelle d'élévation entre les piquets A et B, quelle que soit l'erreur de la ligne de visée. Cette valeur de 0.777 ajoutée à la lecture *c*, 1.161, donne la valeur *e* = 1.938 m. C'est la valeur réelle de la ligne de visée horizontale et la différence de 0.015 entre la ligne de visée vraie calculée et la lecture *d* = 1.923 est l'erreur de la ligne de visée entre les deux piquets.

On procède aux réglages alors que l'instrument est encore en place à la station A. Si l'instrument est équipé d'un anneau réglable portant deux fils en croix appelés réticule, on doit effectuer la correction en gardant la bulle du niveau centrée. On desserre d'abord une des vis de réglage pour serrer l'autre de la même valeur. Pour l'exemple indiqué ci-dessus, on fait tourner les vis de réglage jusqu'à ce que le réticule soit réglé de manière à donner une lecture de 1.938 sur la mire quand elle est placée au piquet B.

On peut aussi faire cette vérification avec le niveau Wild N2. Cependant le réglage diffère en ce que la bulle tubulaire double est déplacée pour correspondre à la ligne de visée horizontale correcte. On règle d'abord le réticule sur la lecture correcte de la mire de nivellement. On desserre ensuite légèrement la vis horizontale extérieure du niveau de coïncidence pour permettre le réglage vertical de l'extrémité du tube du niveau. On règle ensuite les vis verticales en en desserrant d'abord une très légèrement et en serrant l'autre de la même valeur. On répète cette opération jusqu'à ce que les extrémités des bulles coïncident.